



Mariana Lopes Ferreira

Licenciatura em Ciências de Engenharia Biomédica

Avaliação das Alterações da Estrutura da Córnea após Cirurgia de Catarata por Laser de Femtosegundo

Dissertação para obtenção do Grau de
Mestre em Engenharia Biomédica

Orientador: Professor Doutor Paulo Ribeiro,
Professor Auxiliar, FCT-NOVA

Co-orientador: Doutor Tiago Ferreira, Médico Oftalmologista,
Clínica Privada de Oftalmologia, Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Carla Maria Quintão Pereira

Vogais: Doutor Pedro Manuel Cardoso Vieira

Doutor Paulo António Martins Ferreira Ribeiro



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2016

Avaliação das Alterações da Estrutura da Córnea após Cirurgia de Catarata por Laser de Femtosegundo

Copyright © Mariana Lopes Ferreira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Nesta dissertação de mestrado tive o privilégio de poder contar com o apoio e encorajamento de determinadas pessoas, que foram essenciais para a concretização desta minha etapa académica e às quais estarei eternamente grata.

Ao professor Paulo Ribeiro, pela sua orientação, total apoio, disponibilidade, pelas suas opiniões e críticas e, principalmente, pelo seu entusiasmo característico, facilitando todos os momentos de maior stress.

Ao Doutor Tiago Ferreira, pelo saber que transmitiu, pela sua total colaboração no solucionar de dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização deste trabalho e por todas as palavras de incentivo.

O Doutor João Pinheiro, por me permitir o acesso à sua clínica de oftalmologia, possibilitando, assim, a obtenção dos dados requeridos para este estudo.

Às ortoptistas Soraia, Sylvia e Inês, pela disponibilidade na colaboração da obtenção das medidas analisadas nesta dissertação, bem como por toda a simpatia, paciência e ajuda demonstrada ao longo destes meses.

Aos meus amigos e colegas que fizeram parte desta caminhada, pelo companheirismo, força e apoio em todos os momentos. Em especial à Gabriela, Mafalda, Maria Pia, Mariana, Rita e Sara, por toda a amizade que sempre demonstraram, à Ana Pepe, Herberto, Miguel e Susana por terem feito com que estes 5 anos fossem muito melhores, e ao Gonçalo, por todas as suas palavras de motivação, por toda a ajuda prestada e pela sua boa disposição e paciência, que tanto facilitaram o meu trabalho.

Por último, tendo consciência que sozinha nada disto teria sido possível, dirijo um agradecimento muito especial aos meus pais, aos meus irmãos e à minha Mimi, por serem modelos de coragem, por tudo o que me ensinaram e transmitiram, pelo seu apoio incondicional, incentivo, amizade e ajuda na superação dos obstáculos que ao longo deste percurso foram surgindo.

A todos muito muito obrigada!

RESUMO

A catarata é a principal causa de cegueira reversível em todo o mundo e pode ser eficazmente tratada através da cirurgia de catarata. Atualmente existem duas técnicas cirúrgicas de tratamento - a facoemulsificação tradicional e a FLACS (cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo), sendo esta última uma promissora substituta da técnica tradicional. Como a técnica de FLACS foi introduzida recentemente, é pertinente o estudo das alterações provocadas na córnea, aquando da cirurgia de catarata, por este novo procedimento cirúrgico, bem como a comparação dos resultados com a técnica de facoemulsificação, com o intuito de se verificar se a possibilidade de substituir a técnica tradicional pela FLACS é plausível. Neste sentido, serão analisados vários parâmetros, tais como a acuidade visual, a curvatura e espessura da córnea, o astigmatismo corneano, o astigmatismo induzido pela cirurgia (SIA) e a relação de alguns destes parâmetros com a largura da incisão e a distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano. Com este propósito, foram avaliados 40 olhos pela FLACS e 15 pela facoemulsificação, obtendo-se as medidas anteriormente referidas no pré-operatório, no pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia. Relativamente à acuidade visual, os pacientes da técnica de FLACS apresentaram melhores resultados. Já no estudo da curvatura da córnea, constatou-se uma variação pouco significativa em ambas as técnicas. Na análise do astigmatismo, verificou-se que a facoemulsificação conduz a um maior aumento (12,4%), comparativamente à FLACS (7%). Também a espessura central da córnea obteve melhores resultados na técnica de laser de femtosegundo. Estudou-se, ainda, a relação deste parâmetro com a largura da incisão, provando que, em ambas as técnicas, estes são linearmente relacionados. Já o SIA demonstrou resultados semelhantes para ambas as técnicas de tratamento. Relacionou-se este parâmetro com a largura da incisão, sendo mais evidente esta dependência pela facoemulsificação. Por fim, analisou-se a relação da distância do local da incisão até ao limbo com o SIA, onde não se verificou qualquer correlação entre estes dois parâmetros. Deste modo, considera-se que a técnica de FLACS apresentou ser mais segura e menos invasiva, relativamente à facoemulsificação.

Palavras-chave: Cirurgia catarata, FLACS, laser femtosegundo, facoemulsificação.

ABSTRACT

Nowadays surgery is considered the standard and the most effective medical procedure to address cataract pathology, worldwide recognized as the leading cause of reversible blindness. At this time two main surgery treatment techniques are offered – the traditional phacoemulsification and more recently the FLACS (femtosecond laser-assisted cataract surgery), which promises to be a suitable alternative to the traditional technique. As FLACS medical apparatus are beginning to be implemented in hospital units and surgeries are starting to be carried out using this technique, significant experimental data regarding its outcomes are now available to carry out assessment reports, in order to prove if this technique represents in fact an added value over the traditional procedure and can be consequently recognized as a viable option to replace it in near future. In this work, the visual acuity, the corneal astigmatism, the curvature and the corneal thickness, the surgical induced astigmatism (SIA), as well as the relation between some of these with the incision width and the distance from the incision site to the limbus were systematically analysed. For this purpose, 40 eyes submitted to FLACS and 15 eyes to phacoemulsification were experimentally analysed in terms of the above parameters. Measurements were performed preoperatively, immediate postoperatively and 1 and 3 months after surgery. Results revealed that FLACS gives rise to better visual acuity, whereas the study of corneal curvature showed only a slight variation in both techniques. The analysis of astigmatism proved that phacoemulsification led to a larger increase in astigmatism than that of FLACS, in an extent of 12.4% against 7%. Also the central corneal thickness demonstrated to achieve better results in FLACS. Incision's dependence with corneal thickness showed to be linearly related in both techniques. The analysis of SIA showed that the final results were similar in both techniques. The influence of incision width on SIA feature was also investigated for both surgical procedures, with results showing a better correlation of this feature with phacoemulsification. Finally, no dependence was found between the distance from the incision site to the limbus and SIA. As a final conclusion of this study it can be considered that FLACS is safer and less invasive than the traditional technique.

Keywords: Cataract surgery, femtosecond laser, FLACS, phacoemulsification.

CONTEÚDO

Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xvii
Siglas e acrónimos	xix
1 Introdução	1
2 O Olho, a Catarata e a Cirurgia	5
2.1 O Olho Humano	5
2.1.1 Camadas do Olho	6
2.1.2 Componentes Óticos do Olho	7
2.1.3 Componentes Neurais do Olho	9
2.2 A Catarata	10
2.2.1 Tipos de Catarata	11
2.3 A Cirurgia de Catarata	12
2.3.1 Técnica de Facoemulsificação	14
2.3.2 Técnica de FLACS	15
3 Exames Clínicos e Medidas	19
3.1 Biometria Ótica	19
3.1.1 Medida(s) obtida(s) pela biometria ótica	21
3.2 Auto Refratómetro	24
3.2.1 Medida(s) obtida(s) pelo auto-refratómetro	26
3.3 Pentacam	27
3.3.1 Medida(s) obtida(s) pelo <i>Pentacam</i>	29
3.4 Tomografia de Coerência Ótica do Segmento Anterior, AS-OCT	30
3.4.1 Medida(s) obtida(s) pela OCT	31
3.5 Outras medidas	33
4 Metodologia	35
4.1 População em estudo	36
4.2 Parâmetros em estudo	36
4.3 Técnicas cirúrgicas	37

4.3.1	Facoemulsificação	37
4.3.2	Cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo	37
4.4	Análise estatística	37
5	Análise e Discussão de Resultados	39
5.1	Análise da acuidade visual	39
5.1.1	Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo	40
5.1.2	Na cirurgia de catarata por facoemulsificação	42
5.1.3	Comparação entre as duas técnicas de cirurgia	43
5.2	Análise da curvatura da córnea	44
5.2.1	Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo	44
5.2.2	Na cirurgia de catarata por facoemulsificação	46
5.2.3	Comparação entre as duas técnicas de cirurgia	47
5.3	Análise do astigmatismo corneano	48
5.3.1	Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo	48
5.3.2	Na cirurgia de catarata por facoemulsificação	50
5.3.3	Comparação entre as duas técnicas de cirurgia	50
5.4	Análise da espessura central da córnea	51
5.4.1	Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo	51
5.4.2	Na cirurgia de catarata por facoemulsificação	54
5.4.3	Comparação entre as duas técnicas de cirurgia	55
5.5	Análise do astigmatismo induzido pela cirurgia	56
5.5.1	Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo	56
5.5.2	Na cirurgia de catarata por facoemulsificação	59
5.5.3	Comparação entre as duas técnicas de cirurgia	61
5.6	Análise da relação entre a distância do local da incisão até ao limbo esclero- corneano e o SIA	61
6	Conclusão, Melhoramentos e Estudos Futuros	65
6.1	Conclusões	65
6.2	Melhoramentos	67
6.3	Estudos Futuros	67
	Bibliografia	69
A	Caracterização da amostra estudada pela técnica de FLACS	75
B	Caracterização da amostra estudada pela técnica de facoemulsificação	83
C	Diferentes escalas da acuidade visual	87

LISTA DE FIGURAS

2.1	Anatomia do olho humano.	6
2.2	Camadas da córnea.	9
2.3	Epitélio pigmentado da retina.	10
2.4	Comparação entre olho normal e olho com catarata.	11
2.5	Etapas da técnica de facoemulsificação.	15
2.6	Etapas da técnica de FLACS.	17
3.1	Princípio do equipamento de biometria ótica (<i>IOL-Master</i>).	20
3.2	Física de um espelho convexo	22
3.3	Diferença entre um olho normal e um olho com astigmatismo	23
3.4	Processo da refração ocular	25
3.5	Princípio de <i>Scheiner</i>	26
3.6	Representação do sistema de rotação do <i>Pentacam</i>	28
3.7	Princípio de <i>Scheimpflug</i> vs. princípio convencional	29
3.8	Interface do sistema <i>Pentacam</i>	30
3.9	Princípio básico da AS-OCT	31
3.10	Imagem obtida pelo sistema OCT	32
3.11	Medidor de incisões de <i>Barrett</i>	33
5.1	Gráfico da análise da acuidade visual em função do tempo na técnica de FLACS (1).	40
5.2	Gráfico da análise da acuidade visual em função do tempo na técnica de FLACS (2).	40
5.3	Gráfico indicador do estado de aptidão da visão de acordo com os valores de acuidade visual, para o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia, na técnica de FLACS.	41
5.4	Gráfico da análise da acuidade visual em função do tempo na técnica de facoemulsificação.	42
5.5	Gráfico indicador do estado de aptidão da visão de acordo com os valores de acuidade visual, para o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia, na técnica de facoemulsificação.	43
5.6	Gráfico da média da acuidade visual em função do tempo em ambas as técnicas.	43

5.7	Gráfico da análise da curvatura da córnea em função do tempo na técnica de FLACS (1)	45
5.8	Gráfico da análise da curvatura da córnea em função do tempo na técnica de FLACS (2)	45
5.9	Gráfico da análise da curvatura da córnea em função do tempo na técnica de facoemulsificação	46
5.10	Gráfico da média da curvatura da córnea em função do tempo em ambas as técnicas.	47
5.11	Gráfico da análise do astigmatismo corneano em função do tempo na técnica de FLACS (1)	48
5.12	Gráfico da análise do astigmatismo corneano em função do tempo na técnica de FLACS (2)	49
5.13	Gráfico da análise do astigmatismo corneano em função do tempo na técnica de facoemulsificação.	50
5.14	Gráfico da média do astigmatismo corneano em função do tempo em ambas as técnicas.	51
5.15	Gráfico da análise da espessura central da córnea em função do tempo na técnica de FLACS (1)	52
5.16	Gráfico da análise da espessura central da córnea em função do tempo na técnica de FLACS (2)	52
5.17	Gráfico da relação entre o módulo da variação da espessura central da córnea e a largura da incisão na técnica de FLACS.	53
5.18	Gráfico da análise da espessura central da córnea em função do tempo na técnica de facoemulsificação.	54
5.19	Gráfico da relação entre o módulo da variação da espessura central da córnea e a largura da incisão na facoemulsificação.	55
5.20	Gráfico da média da espessura central da córnea em função do tempo em ambas as técnicas.	56
5.21	Gráfico do astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata em função do tempo na técnica de FLACS (1)	57
5.22	Gráfico do astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata em função do tempo na técnica de FLACS (2)	57
5.23	Gráfico da relação entre o astigmatismo induzido pela cirurgia e a largura da incisão nos diferentes momentos de aquisição, na técnica de FLACS.	58
5.24	Gráfico do astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata em função do tempo na técnica de facoemulsificação.	59
5.25	Gráfico da relação entre o astigmatismo induzido pela cirurgia e a largura da incisão nos diferentes momentos de aquisição, na técnica de facoemulsificação.	60
5.26	Gráfico da média do SIA em função do tempo, em ambas as técnicas cirúrgicas.	61

5.27 Gráfico da relação entre a distância do local incisão até ao limbo esclero- corneano e o valor do astigmatismo induzido pela cirurgia para ambos os tratamentos cirúrgicos.	62
--	----

LISTA DE TABELAS

3.1	Cálculo do astigmatismo corneano	23
3.2	Estado da visão de acordo com os diferentes valores de acuidade visual . . .	27
5.1	Valores estatísticos do astigmatismo induzido pela cirurgia, referentes aos 40 pacientes sujeitos à técnica de FLACS.	58
5.2	Valores estatísticos do astigmatismo induzido pela cirurgia, referente aos 15 pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação.	60
5.3	Valores estatísticos da distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano, de acordo com o astigmatismo induzido pela cirurgia.	62
A.1	Medidas gerais obtidas dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS.	76
A.2	Valores da acuidade visual dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS ao longo do estudo.	77
A.3	Valores da curvatura da córnea dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS ao longo do estudo.	78
A.4	Valores do astigmatismo corneano dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS ao longo do estudo.	79
A.5	Valores da espessura central da córnea dos pacientes sujeitos à técnica FLACS ao longo do estudo.	80
A.6	Valores do astigmatismo induzido pela cirurgia dos pacientes sujeitos à técnica FLACS ao longo do estudo.	81
A.7	Valores da distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS	82
B.1	Medidas gerais obtidas dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação.	83
B.2	Valores da acuidade visual dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.	84
B.3	Valores da curvatura da córnea dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.	84
B.4	Valores do astigmatismo corneano dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.	85
B.5	Valores da espessura central da córnea dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.	85

B.6	Valores do astigmatismo induzido pela cirurgia dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.	86
B.7	Valores da distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação	86
C.1	Diferentes notações dos valores de acuidade visual - escalas decimal, fração de <i>Snellen</i> , <i>MAR</i> e <i>LogMAR</i>	87

SIGLAS E ACRÓNIMOS

AS-OCT *Anterior Segment Optical Coherence Tomography*, tomografia de coerência ótica do segmento anterior.

CCT *Central Corneal Thickness*, espessura central da córnea.

FLACS *Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery*, cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo.

IOL *Intraocular Lens*, lente intraocular.

IOP *Intraocular Pressure*, pressão intraocular.

RPE *Retinal Pigment Epithelium*, epitélio pigmentado da retina.

SCN *Suprachiasmatic Nucleus*, núcleo supraquiasmático.

SIA *Surgically Induced Astigmatism*, astigmatismo induzido pela cirurgia.

VA *Visual Acuity*, acuidade visual.

INTRODUÇÃO

A catarata é a principal causa de cegueira em todo o mundo. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, em 2010, a catarata era responsável por 51% da cegueira mundial, representando cerca de 20 milhões de pessoas. Devido ao aumento da esperança média de vida, é de prever um crescimento significativo do número de pessoas com esta doença [1]. Consequentemente, a cirurgia de catarata é o procedimento cirúrgico mais realizado em todo o mundo, com uma estimativa de 19 milhões de operações efetuadas anualmente, sendo que em Portugal realizam-se cerca de 100 mil cirurgias por ano. Segundo dados desta mesma organização, prevê-se um aumento de cirurgias de catarata para 32 milhões até ao ano de 2020, devido ao facto de a população mundial com idade superior a 65 anos duplicar entre 2000 e 2020 [1, 2], tornando-se evidente a importância de desenvolver excelentes tecnologias de remoção da catarata.

A catarata consiste na opacificação total ou parcial do cristalino, lente natural do olho. Esta impede a passagem da luz até à retina, o que impossibilita a formação de uma imagem nítida nesta região do globo ocular. Desta forma, a visão de um olho com catarata irá depender do grau de opacificação do cristalino. Quanto maior for este grau, maiores serão as perturbações na visão. Posto isto, pode afirmar-se que a catarata causa uma degradação progressiva da visão, podendo ser adquirida (que é a forma mais frequente da doença) ou congénita. O seu desenvolvimento pode ocorrer de forma lenta, demorando vários anos para que se verifiquem indícios acentuados, tais como visão distorcida, visão turva ou diplopia monocular¹. Em casos mais raros, pode ter uma evolução rápida, comprometendo significativamente a visão. Existem alguns fatores de risco que podem acelerar o seu aparecimento, tais como o uso de alguns medicamentos, a diabetes ou a exposição excessiva a radiação ultravioleta ou a raios X [4, 5].

¹Diplopia monocular representa a visão dupla num único olho, sendo que quando se fecha o olho saudável, o problema mantém-se [3]

Atualmente, existem duas técnicas fundamentais de tratamento da catarata – a facoemulsificação e a *Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery*, cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo (FLACS). As principais etapas destes métodos compreendem uma incisão na córnea, uma *capsulorhexis*, a fragmentação do cristalino e da catarata e a implantação da *Intraocular Lens*, lente intraocular (IOL) (procedimento semelhante nos dois tipos de cirurgia). A FLACS foi introduzida recentemente e tem vindo a substituir a facoemulsificação convencional devido às diversas vantagens inerentes a esta, tais como o facto de a técnica de laser de femtosegundo ser uma forma segura, menos invasiva e mais precisa de realizar a cirurgia da catarata [2, 6]. Para além disso, na facoemulsificação, a incisão da córnea é efetuada manualmente, havendo a possibilidade de causar astigmatismo induzido pela cirurgia. Já com o método de FLACS prevê-se que este risco seja muito reduzido, uma vez que esta fase da cirurgia é realizada automaticamente, sendo possível programar o tipo, o tamanho e a posição da incisão com uma maior precisão [7]. No entanto, por ser uma técnica recentemente introduzida, não existem estudos sistemáticos sobre os efeitos a longo prazo que a cirurgia da catarata assistida por laser de femtosegundo pode provocar na córnea. Para além disso, sabe-se que todas as extrações de catarata, mesmo com as técnicas microcirúrgicas atuais, envolvem manipulação da córnea e danos nas células endoteliais desta estrutura. Nesta conformidade torna-se relevante e pertinente o estudo das alterações resultantes desta nova técnica, mais concretamente, a análise relativa às alterações provocadas na estrutura da córnea, após a cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo, já que esta altera a curvatura corneana, o que influencia os resultados refrativos da cirurgia. A comparação entre a cirurgia convencional e a assistida por laser de femtosegundo torna-se, assim, importante, uma vez que é de todo o interesse perceber se o avanço da tecnologia na cirurgia da catarata possibilita prevenir ou reduzir de forma significativa o astigmatismo induzido. Neste sentido, os parâmetros a serem estudados serão a curvatura da córnea, o astigmatismo corneano, o *Surgically Induced Astigmatism*, astigmatismo induzido pela cirurgia (SIA), a *Visual Acuity*, acuidade visual (VA), a *Central Corneal Thickness*, espessura central da córnea (CCT), a largura da incisão feita durante a cirurgia e a distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano.

Todas estas medidas serão realizadas com recurso a diversos equipamentos, sendo estes a biometria ótica, o auto refratómetro, o *Pentacam*, o medidor de incisões de *Barrett* e a *Anterior Segment Optical Coherence Tomography*, tomografia de coerência ótica do segmento anterior (AS-OCT). A biometria ótica caracteriza-se por ser a principal técnica que determina a potência da lente intraocular, lente essa que irá substituir o cristalino durante a cirurgia de catarata. Este exame determina com grande precisão as dimensões do interior do olho [8, 9, 10], nomeadamente a curvatura da superfície anterior da córnea, determinando, indiretamente, a extensão e o eixo do astigmatismo. Por sua vez, o auto refratómetro é o equipamento que mede o estado refrativo do globo ocular e, neste trabalho, irá ser utilizado com o objetivo de providenciar a acuidade visual dos pacientes [11, 12]. O

sistema *Pentacam* é uma das tecnologias mais avançadas a nível de diagnóstico oftalmológico. Neste exame, para além de se obterem imagens tridimensionais da superfície anterior e posterior da córnea e do cristalino, também é possível recolher informações relevantes da paquimetria da córnea, profundidade da câmara anterior e valores de densidade ótica do cristalino. Desta forma, adquire-se parâmetros importantes para a avaliação prévia da córnea na cirurgia refrativa, sendo possível prevenir certos riscos da cirurgia [13, 14]. Já o medidor de incisões de *Barrett* é um instrumento que, tal como o nome indica, mede a largura da incisão, sendo esta medida realizada manualmente. Por fim, a OCT é uma tecnologia de imagem que ajuda a planear a localização e a profundidade da incisão durante a cirurgia de catarata. As imagens provenientes da tomografia de coerência ótica são de alta resolução e de planos transversais, com o intuito de possibilitar uma maior precisão da cirurgia. Como é um método não-invasivo, torna-se particularmente útil no diagnóstico e tratamento da catarata [15].

Deste modo, os principais objetivos do estudo relacionam-se com a determinação da melhor técnica a aplicar para uma dada patologia da catarata, relativamente às alterações provocadas na estrutura da córnea; avaliação e comparação do astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata em ambas as técnicas estudadas; relação do tamanho das incisões na córnea com o astigmatismo; e, por fim, prevenção de deficiências induzidas pela cirurgia, otimizando certos parâmetros deste método de tratamento.

Esta tese será organizada em 6 secções. No presente capítulo, capítulo 1, foi feita a introdução do tema proposto para a dissertação, retratando, de um modo geral, o que se vai fazer neste projeto, bem como a pertinência deste estudo. No próximo capítulo, descrever-se-á a anatomia do olho, dando uma maior importância à córnea. Ainda neste, será feita uma revisão sobre a doença da catarata, os diferentes tipos de catarata e as causas associadas a esta. Para além disso, no final do capítulo 2, irá também ser apresentado um enquadramento histórico da cirurgia de catarata, os procedimentos da facoemulsificação e da FLACS, os problemas associados e, ainda, uma revisão de alguns estudos publicados no âmbito da cirurgia de catarata. Posteriormente, no capítulo 3, serão descritos os vários exames que se irão realizar para a obtenção das medidas necessárias para o desenvolvimento desta investigação. Ainda neste capítulo, serão especificados todos os parâmetros que irão ser obtidos através dos exames clínicos referidos. Já a metodologia seguida neste estudo será apresentada no capítulo 4. Os resultados obtidos e a discussão dos mesmos no capítulo 5. E, por fim, no capítulo 6 serão apresentadas as conclusões do trabalho, melhoramentos do mesmo e possíveis estudos futuros.

O OLHO, A CATARATA E A CIRURGIA

Este capítulo tem como objetivo rever determinados conceitos e conteúdos que serão utilizados ao longo deste trabalho.

Será dividido em três partes. Na primeira descrever-se-á, em termos gerais, o sistema ótico do olho humano, e, com maior detalhe, a anatomia, histologia e caracterização ótica da córnea. Seguidamente, serão revistas as causas de catarata bem como os diferentes tipos desta doença. Por fim, a última parte do capítulo terá como foco principal os dois tipos de cirurgia da catarata que serão utilizados neste estudo.

2.1 O Olho Humano

O olho humano é um órgão sensorial complexo, que fornece o sentido da visão. Este inclui não só a capacidade de detetar a luz, mas também de formar uma imagem e interpretá-la, possibilitando ao ser humano a capacidade de perceber e de se relacionar com o mundo envolvente [16, 17].

A figura 2.1 representa a anatomia do olho humano, sendo este um sistema ótico altamente desenvolvido capaz de detetar e transformar os sinais luminosos em impulsos elétricos, que são transmitidos ao cérebro por meio do nervo ótico [18].

O olho, igualmente designado por globo ocular, é um órgão duplo e simétrico, localizado nas cavidades ósseas da parte anterior do crânio, designadas órbitas. Este apresenta uma fisionomia, aproximadamente, esférica, porém algo aplanada no sentido vertical, com um diâmetro de cerca de 24 mm [19, 20]. Os olhos movimentam-se de forma simétrica, isto é, na mesma direção e ao mesmo tempo. Estes movimentos são possíveis mediante a coordenação dos músculos extraoculares, como é o caso do músculo superior reto e do músculo inferior reto, representados na figura 2.1 [20].

O globo ocular é constituído por um segmento anterior, que compreende todas as

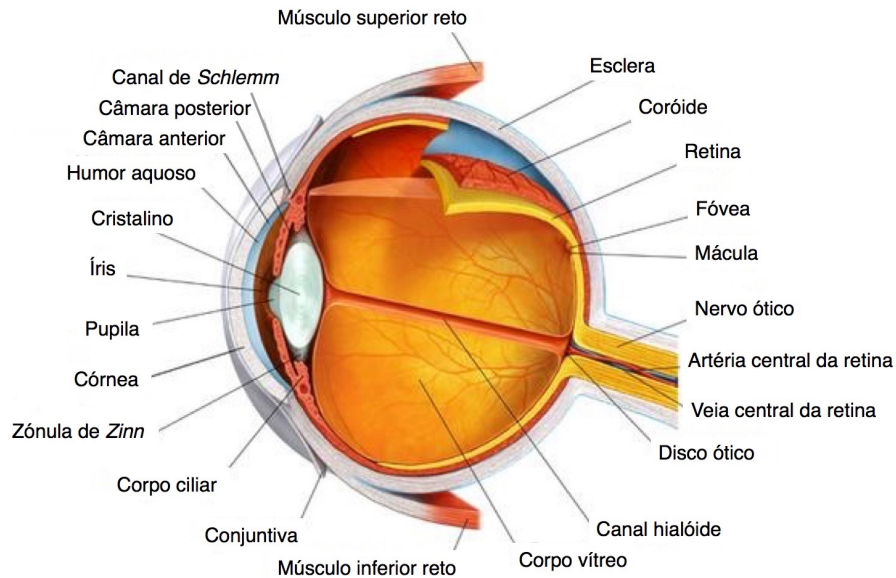


Figura 2.1: Anatomia do olho humano. Fonte: *Virtual Medical Centre – The Eye and Vision* [19] (adaptado).

estruturas oculares desde a córnea até à superfície anterior do cristalino; e por um segmento posterior, constituído desde a superfície posterior do cristalino até à retina [21]. A câmara anterior, localizada entre íris e a córnea, e a câmara posterior, localizada entre a íris e o cristalino, fazem parte do segmento anterior, sendo ambas preenchidas pelo humor aquoso. Este líquido incolor não só fornece oxigénio e nutrientes ao cristalino e à córnea, como também mantém a forma do globo ocular. Já o segmento posterior, também denominado por cavidade vítrea, contém o humor vítreo, que tem como função prevenir os colapsos do globo ocular, pressionando a retina contra a coróide [19, 21, 22].

O globo ocular consiste em três constituintes principais – camadas (externa, intermédia e interna), componentes óticos (córnea, íris e cristalino, que admitem o foco de luz) e componentes neurais (retina e nervo ótico).

2.1.1 Camadas do Olho

O globo ocular é organizado em três camadas: externa, intermédia e interna.

A camada externa, também designada por túnica fibrosa, inclui a esclerótica e a córnea. A primeira é uma túnica resistente e opaca, mais conhecida como “a zona branca do olho”, formada por tecido conjuntivo denso, que constitui a maioria do revestimento externo do olho. A esclerótica confere a forma, rigidez e proteção das porções internas do globo ocular. Na parte anterior do olho encontra-se a córnea, uma camada fibrosa transparente, que permite a refração da luz com o propósito de se formarem imagens nítidas na retina, e que será explicada com maior detalhe no subcapítulo 2.1.2.1. Entre estas duas estruturas encontra-se o limbo esclero-corneano. Este tem como principais funções auxiliar na regeneração epitelial da córnea e nutrir a zona periférica desta estrutura [19,

20].

A túnica vascular refere-se à camada intermédia do olho. Esta camada é responsável pela nutrição dos restantes componentes do globo ocular e é composta pela íris, corpo ciliar e coróide. A íris é constituída por fibras musculares e por uma quantidade de pigmentos, dos quais depende a cor evidenciada para o exterior, condicionada por fatores genéticos. No centro da íris encontra-se a pupila, cujo grau de contração ou dilatação regula a passagem dos raios luminosos no segmento posterior do olho [20, 21]. Ao redor da íris, tem-se o corpo ciliar, também composto por abundantes fibras musculares que formam o músculo ciliar. Este suporta e foca o cristalino para a visão ao perto e ao longe, alterando a sua curvatura. Para além disso, este tem como função produzir humor aquoso. Já a coróide é uma membrana fina, que contém inúmeros vasos sanguíneos e tem como principal função fornecer sangue à retina.

Por fim, a retina constitui a camada interna do olho, que irá ser descrita pormenorizadamente no subcapítulo dos componentes neurais do olho, subcapítulo 2.1.3. Esta é uma camada celular transparente, sendo uma das estruturas responsáveis pela formação de imagens [19, 23].

2.1.2 Componentes Óticos do Olho

Os componentes óticos são elementos transparentes que focam a luz com o intuito de formar imagens reais, através de processos de refração. Estes compreendem a córnea, a pupila e o cristalino.

Inicialmente, tem-se a córnea, que será descrita pormenorizadamente no subcapítulo 2.1.2.1, por ser a estrutura mais relevante neste estudo.

De seguida, encontra-se a pupila, que é responsável pelo controlo da passagem de luz do meio exterior até à retina. Como já se referiu anteriormente, o diâmetro da pupila é controlado pela íris, um músculo circular cuja contração permite que o olho se adapte continuamente às mudanças de luminosidade.

Depois de passar a pupila, a luz atravessa o cristalino, estrutura de lentes biconvexas transparentes, que se encontra entre o humor aquoso e o corpo vítreo. O cristalino é, maioritariamente, composto por água e proteínas, o que lhe possibilita manter a sua transparência. Esta estrutura é responsável por focar a luz na retina, permitindo a visão de forma nítida, ao perto e ao longe. Com o avançar da idade, a possibilidade de formação de catarata aumenta, devido ao facto de o cristalino tornar-se menos transparente, o que interfere na acuidade visual¹ [21, 25]. Neste sentido, *Yan et al.* (2016) desenvolveu uma investigação no âmbito do processo de formação de catarata, relacionando com o envelhecimento do cristalino e o ritmo circadiano. Sabe-se que, através de determinadas estruturas do olho (células foto-recetoras da retina), é possível a formação de imagem,

¹Acuidade visual refere-se à capacidade de distinguir dois pontos próximos como elementos separados, o que corresponde à nitidez da visão [24].

mediante a condução de sinais elétricos para o cérebro, nomeadamente para o *Suprachiasmatic Nucleus*, núcleo supraquiasmático (SCN) (região do cérebro responsável por controlar os ritmos circadianos). No entanto, neste estudo foi possível concluir que a catarata afeta o normal funcionamento do SCN, uma vez que, com o avançar da idade, há uma diminuição da transmitância² por parte do cristalino. Tal facto conduz a uma perda gradual de iluminação na retina e, por conseguinte, limita a foto-receção. Para além disso, constatou-se que a cirurgia é o único tratamento eficaz para a catarata senil (a catarata relacionada com o envelhecimento). Esta técnica de tratamento remove uma barreira, possibilitando a passagem de luz para que ocorra tanto a formação de imagem, como a foto-receção circadiana. Desta forma, os pacientes de catarata senil sujeitos à cirurgia de catarata podem apresentar melhorias não só no que diz respeito à acuidade visual, mas também na melhoria da regulação do ritmo circadiano [26].

2.1.2.1 A Córnea

A córnea é uma estrutura avascular, que recebe nutrientes através do humor aquoso, e que integra o primeiro e o mais importante elemento refrativo do olho. Isto deve-se ao facto de apresentar uma elevada potência de refração de, aproximadamente, 44 dioptrias. Para compreender esta estrutura do globo ocular deve-se ter em consideração que esta tem o formato de uma curva parabólica, ou seja, o seu raio de curvatura difere do centro para a periferia. Para um adulto, os diâmetros vertical e horizontal da córnea são cerca de 11 mm e 12 mm, respetivamente [25]. Em relação à sua espessura, esta não é constante, sendo a zona periférica mais espessa do que a zona central, cuja espessura central é, aproximadamente, 540 μm . Para além disso, a curvatura também não é uniforme, sendo mais acentuada na região central relativamente à região periférica [21, 27]. A córnea é uma estrutura relativamente complexa e é composta por cinco camadas distintas: o epitélio, a membrana de *Bowman*, o estroma, a membrana de *Descemet* e o endotélio, representadas na figura 2.2.

O epitélio compreende cerca de 10% da espessura da córnea. Já a membrana de *Bowman* relaciona-se com a estabilidade e resistência da córnea, protegendo contra infeções no estroma adjacente. O estroma, que abrange, aproximadamente, 90% da espessura da córnea, é constituído por ceratócitos e por fibras de colagénio, que contribuem para a transparência desta estrutura. A superfície posterior do estroma é delimitada por uma outra membrana, denominada membrana de *Descemet*. Esta é composta por colagénio e funciona como barreira protetora contra danos oculares e infeções, sendo capaz de se regenerar após uma lesão. Para além disso, esta membrana suporta o endotélio corneano, cuja função deste passa pela regulação do estado de hidratação do estroma, de modo a proporcionar transparência máxima e refração ideal da luz à córnea [25].

A córnea tem como função manter a pressão intraocular, resistir a traumas e suportar as estruturas internas do olho. No entanto, esta estrutura do globo ocular desempenha

²Transmitância é a medida da quantidade de luz que passa através de uma substância.

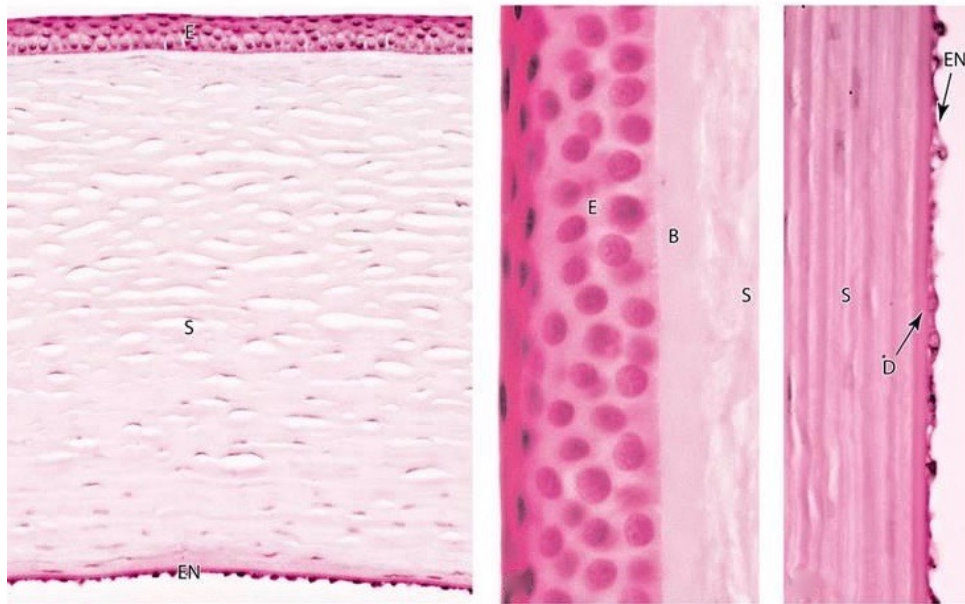


Figura 2.2: Camadas da córnea. Representado pela letra **E** tem-se o epitélio; a letra **S** retrata o estroma; **EN** descreve o endotélio; a letra **B** representa a membrana de *Bowman*; e **D** é a membrana de *Descemet*. Fonte: *Junqueira's Basic Histology - Text And Atlas*, página 483 [21].

ainda outras funções essenciais na visão, já que é o elemento com maior potência refrativa e a sua transparência permite a passagem de luz até à retina [21, 25].

2.1.3 Componentes Neurais do Olho

Como mencionado anteriormente, os componentes neurais do globo ocular são a retina e o nervo ótico.

A retina tem como objetivo receber a luz da imagem nela formada e convertê-la em sinais neurais, enviando esses mesmos sinais para o cérebro, através do nervo ótico, para um posterior reconhecimento visual. O processamento de luz ocorre através de células foto-recetoras, particularmente por bastonetes e cones. Os bastonetes reagem a ambientes pouco iluminados, proporcionando uma visão a preto e branco, dando uma vaga impressão dos objetos. Já os cones, que se concentram na região central da retina, conhecida por mácula lútea, são as células do olho que têm a capacidade de reconhecer as cores. Estes permitem ver sob condições de alta luminosidade e são responsáveis pela acuidade visual, ou seja, são estas células que possibilitam a visão em detalhe dos objetos [19, 23]. Também é importante descrever o *Retinal Pigment Epithelium*, epitélio pigmentado da retina (RPE), que se encontra representando na figura 2.3. Esta estrutura celular funciona como uma barreira seletiva, que regula a camada sobrejacente de foto-recetores, desempenhando, assim, um papel importante na manutenção desta camada [28].

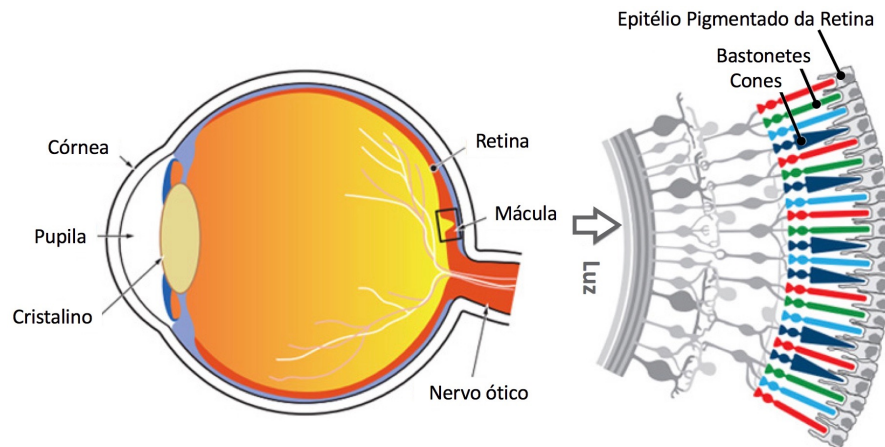


Figura 2.3: Epitélio pigmentado da retina. Com recurso à atividade de determinadas proteínas, o RPE regula o transporte de nutrientes e produtos residuais para e a partir da retina e protege a parte externa desta estrutura da luz excessiva de alta intensidade. Para além disso, os foto-recetores (cones e bastonetes) dependem do RPE para a sua nutrição e manutenção. Fonte: Site A closer look at stem cells [29] (Adaptado).

Relativamente ao nervo ótico, a sua função é captar informação proveniente dos cones e dos bastonetes e enviá-la para o cérebro, que, posteriormente, processa essa informação gerando cores, formas e tamanhos. Ou seja, o nervo ótico conduz impulsos nervosos, permitindo a visualização de objetos [30, 31].

2.2 A Catarata

Tal como já foi referido, a catarata é a opacificação do cristalino. Esta estrutura do globo ocular é composta, na sua maioria, por água e material proteico, que permitem que a lente natural do olho mantenha a sua transparência, possibilitando, assim, a passagem da luz até à retina. No entanto, devido ao envelhecimento, a atividade mitótica diminui e, consequentemente, ocorre também a diminuição das proteínas, levando a um aumento de percentagem de água no interior do cristalino.

As verdadeiras causas de aparecimento da catarata continuam a não ser totalmente conhecidas. Usualmente, esta perturbação da visão associa-se a alterações nas estruturas das proteínas, que consistem na agregação destas macromoléculas. Assim, as proteínas formam estruturas maiores, que se tornam insolúveis em água e, deste modo, opacificam o cristalino, dispersando a luz [32]. Contudo, estas modificações não são as únicas causas para o desenvolvimento de uma catarata. Tal como se referiu anteriormente, a catarata pode ser desenvolvida numa idade mais precoce devido, por exemplo, à diabetes. Particularmente, *Javadi et al.* (2008) estudou os diferentes aspetos das cataratas em doentes diabéticos. Neste estudo, constatou-se que há um aumento da concentração de glícidos no interior do cristalino, e, por conseguinte, há uma expansão de concentração de água no

interior deste, devido ao aumento da pressão osmótica. Desta forma, estes níveis superiores de glícidos causam a inflamação do cristalino, afetando a integridade das proteínas e, conseqüentemente, opacificam a lente natural do olho [33]. Para além disso, também a exposição excessiva aos raios ultravioleta, o tabaco, o uso de certos fármacos ou ainda problemas hereditários podem causar cataratas [32].

Na figura seguinte, figura 2.4, pode observar-se a diferença na visão entre um olho normal e um olho com catarata.

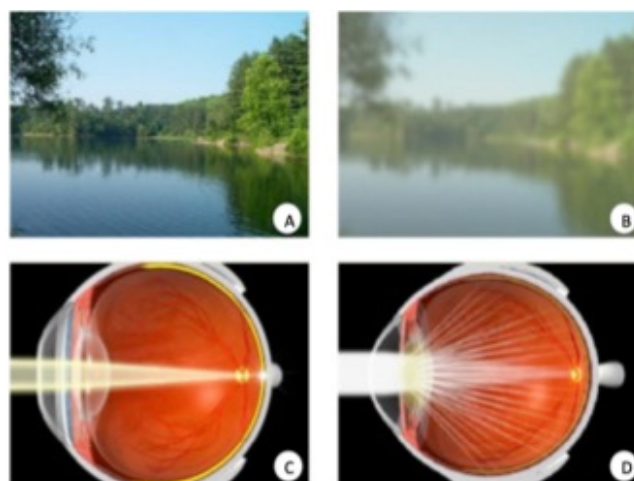


Figura 2.4: Comparação entre olho normal e olho com catarata. A letra **A** representa a vista de um olho normal; **B** mostra a vista de um olho com catarata, tornando-se evidente a falta de nitidez e opacidade que um doente de catarata apresenta na sua visão; a letra **C** exhibe a configuração de um olho normal; **D** representa um olho com catarata, onde se comprova a dispersão de luz. Fonte: Site *Specialist Eye Centre - Cataract* [34].

2.2.1 Tipos de Catarata

A catarata pode ser classificada consoante a sua morfologia, o seu tempo de ocorrência e a sua maturidade [35].

2.2.1.1 Morfologia

De acordo com a morfologia, a catarata pode ser categorizada por subcapsular, nuclear ou cortical.

A catarata subcapsular divide-se em duas subcategorias – catarata subcapsular posterior e catarata subcapsular anterior. A primeira, tal como o nome indica, localiza-se à frente da cápsula posterior, enquanto que a segunda localiza-se atrás da cápsula anterior. Este tipo de catarata desenvolve-se lentamente, provocando a diminuição da visão apenas quando esta se encontra totalmente desenvolvida.

A catarata nuclear afeta o núcleo do cristalino, potenciando o aumento da densidade da lente, o que induz miopia. Neste tipo de patologia, o doente vê melhor em ambientes escuros do que em ambientes luminosos, uma vez que pouca luminosidade provoca a

dilatação da pupila, permitindo a passagem da luz pela zona periférica do cristalino, que não está opacificada.

Por fim, a catarata cortical caracteriza-se pela opacificação do córtex do cristalino, interferindo na transmissão da luz, o que provoca uma visão desfocada. Este tipo de catarata afeta a visão ao longe e ao perto [5, 36].

2.2.1.2 Tempo de Ocorrência

Segundo este critério, a catarata pode ser classificada como congênita ou adquirida, sendo que esta última ainda pode ser dividida em senil, secundária, traumática ou de radiação.

A catarata congênita representa menos de 1% das cataratas, chegando, por vezes, a não afetar a visão. Estas podem estar presentes logo no nascimento ou serem desenvolvidas durante a infância.

Já relativamente às cataratas adquiridas, a catarata senil é a mais frequente e relaciona-se com o envelhecimento, apresentando uma evolução lenta. A catarata secundária é causada por doenças, como a diabetes e o glaucoma³, ou por medicamentos. A catarata traumática pode ser provocada por lesões perfurantes ou contusas e, deste modo, este tipo de catarata aparece apenas no olho atingido. Por fim, a catarata de radiação pode aparecer depois do doente passar por tratamentos que envolvem radiação, como por exemplo, tratamentos de cancro [5, 36].

2.2.1.3 Maturidade

No que diz respeito à maturidade, a catarata é classificada consoante a área de opacificação do cristalino, denominando-se como incipiente, matura ou hiper-matura. A primeira ocorre quando há uma pequena opacificação do cristalino, não havendo alterações relevantes na visão. Na catarata matura e hiper-matura, a opacificação é total, provocando ou uma visão escurecida ou ausência de visão [5, 36, 38].

2.3 A Cirurgia de Catarata

A cirurgia de catarata tem como objetivo remover a lente natural do olho, – o cristalino –, que se encontra opacificada, e substituí-la por uma lente artificial de silicone ou de vidro acrílico. Esta é uma técnica bastante antiga e, apenas em meados do século XVIII, foi realizada, pela primeira vez com sucesso, a extração extracapsular da catarata. Já no século XIX, a técnica de cirurgia utilizada consistia na introdução de uma agulha de ouro no interior do olho, com o intuito de impulsionar o cristalino para o humor vítreo e, deste modo, melhorar a visão. Posteriormente, esta cirurgia passou a ser executada de forma distinta, em que o cristalino era totalmente extraído após o seu congelamento

³Glaucoma é uma doença grave que surge na sequência de um aumento da pressão intraocular, provocando perda de visão [37].

através de uma sonda a baixas temperaturas (crioextração). No entanto, com esta técnica, era inevitável o uso de óculos com lentes convergentes, para compensar a ausência do cristalino, uma vez que não era colocada nenhuma IOL artificial de substituição. Com os avanços na tecnologia da cirurgia de catarata, evoluiu-se para a cirurgia intracapsular. Nesta técnica tanto a cápsula como o cristalino eram removidos, sendo depois colocada uma lente intraocular. Já a partir do século XX, progrediu-se da cirurgia intracapsular para a extracapsular até à facoemulsificação. Esta evolução permitiu uma diminuição gradual no tamanho da incisão e uma maior previsibilidade do procedimento cirúrgico. Contudo, os desenvolvimentos nas técnicas de cirurgia de catarata continuaram a crescer e, atualmente, existem duas técnicas cirúrgicas principais – a facoemulsificação e a cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo, as quais, por seu turno, se encontram em constantes progressos [39, 40].

As inúmeras investigações inerentes a estas técnicas de tratamento de catarata devem-se, principalmente, ao facto de ser de grande relevância proporcionar ao paciente uma maior segurança aquando da cirurgia, bem como reduzir ao máximo, ou até mesmo eliminar, aberrações induzidas pela cirurgia da catarata. A aberração mais frequente é o astigmatismo - erro refrativo com um impacto significativo na acuidade visual. Este caracteriza-se por uma imperfeição na curvatura da córnea (astigmatismo corneano) ou na forma do cristalino (astigmatismo lenticular), o que provoca uma refração incorreta dos raios luminosos. Com esta patologia, a visão surge baça e distorcida, tanto para objetos próximos como para objetos distantes. Durante a cirurgia de catarata, é sempre de esperar que haja indução de astigmatismo, tornando-se relevante perceber as suas causas, bem como minimizar este problema e até prever a medida em que este ocorre. O SIA é influenciado pelo tamanho e local da incisão na córnea e pela espessura desta, medidas que irão ser estudadas neste trabalho de investigação [41, 42].

Estudos anteriores sobre incisões corneanas demonstraram que a aplicação de ultrassons provoca danos na córnea, sendo que o sentido de otimização passa pela redução, ou até mesmo eliminação, da potência dos ultrassons aplicada no cristalino [43, 44].

Particularmente, *Denoyer et al.* (2013) investigou a relação da influência das propriedades da biomecânica da córnea com o astigmatismo induzido na cirurgia de catarata. Neste estudo, o principal objetivo baseia-se na determinação de novos parâmetros que influenciem os resultados refrativos da cirurgia de catarata, através da análise de vários dados das propriedades morfológicas, óticas e mecânicas da córnea. Os dois grandes sistemas de imagem utilizados foram o sistema *Pentacam* e a tecnologia de OCT. Com estes dados, conseguiu-se prever uma diminuição significativa do SIA nas incisões de tamanho inferior a 2,2 mm (microincisões), já nas incisões de tamanho 2,75 mm, essa diminuição não foi tão relevante. Desta forma, concluiu-se que, como seria de esperar, o tamanho da incisão na córnea influencia o astigmatismo induzido pela cirurgia. Assim, as características biomecânicas da córnea devem ser tidas em consideração no pré-operatório para uma melhor previsão dos resultados de refração da cirurgia de catarata [45].

Outras pesquisas nesta área dizem respeito à pressão intraocular decorrente do processo de cirurgia de catarata por laser de femtosegundo. O aumento da pressão intraocular é um motivo de preocupação, uma vez que pode danificar o nervo ótico, aumentando a possibilidade de surgir um glaucoma. A este respeito, *Kerr et al.*(2013) verificou que ocorrem picos de *Intraocular Pressure*, pressão intraocular (IOP) após a capsulotomia (processo que será explicado no subcapítulo 2.3.2) e após a fragmentação do cristalino, processos decorrentes da cirurgia de catarata. No entanto, estes picos não são significativos, demonstrando que o tratamento de catarata por laser de femtosegundo é seguro para o paciente e não provoca desconforto [46].

Existem também estudos comparativos entre os dois métodos cirúrgicos (facoemulsificação e FLACS). A conclusão principal destas investigações sugere que a cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo é o procedimento mais seguro, eficiente e com maior reprodutibilidade. No entanto, a grande desvantagem desta técnica deve-se ao facto de apresentar custos elevados de financiamento e de manutenção dos equipamentos [2, 47, 48].

2.3.1 Técnica de Facoemulsificação

A facoemulsificação, também denominada por técnica manual, é o procedimento cirúrgico mais comum para remover as cataratas. A tecnologia da facoemulsificação baseia-se num sistema fluídico avançado e numa sonda responsável pela emissão de ultrassons. O primeiro consiste numa bomba peristáltica, que monitoriza e controla as condições intraoculares, relativamente ao fluxo e vácuo no olho. Por sua vez, a sonda da facoemulsificação é constituída por transdutores piezoelétricos, que permitem a conversão da energia elétrica em energia mecânica, promotora da fratura do cristalino. Esta também possui um canal de aspiração, canal esse que remove os fragmentos nucleares existentes após o processo de fragmentação da catarata e do cristalino [49].

Relativamente ao procedimento desta técnica cirúrgica, representado na figura 2.5, o cirurgião executa duas pequenas incisões no olho, que podem ser feitas ou na esclerótica, muito próximas dos limites da córnea, ou na própria córnea. Após feitas as incisões, uma abertura circular é criada na superfície do cristalino, onde é introduzida uma pequena sonda no interior da câmara anterior do olho. Esta sonda vai emitir ultrassons, com o propósito de emulsionar o núcleo do cristalino em pequenos fragmentos, que serão removidos pela mesma sonda por um processo de sucção. A cápsula posterior é mantida no interior do olho, servindo de apoio para uma correta localização da lente intraocular, que é inserida através da incisão já feita anteriormente. Deste modo, o cristalino é substituído por uma lente transparente e artificial [50, 51].

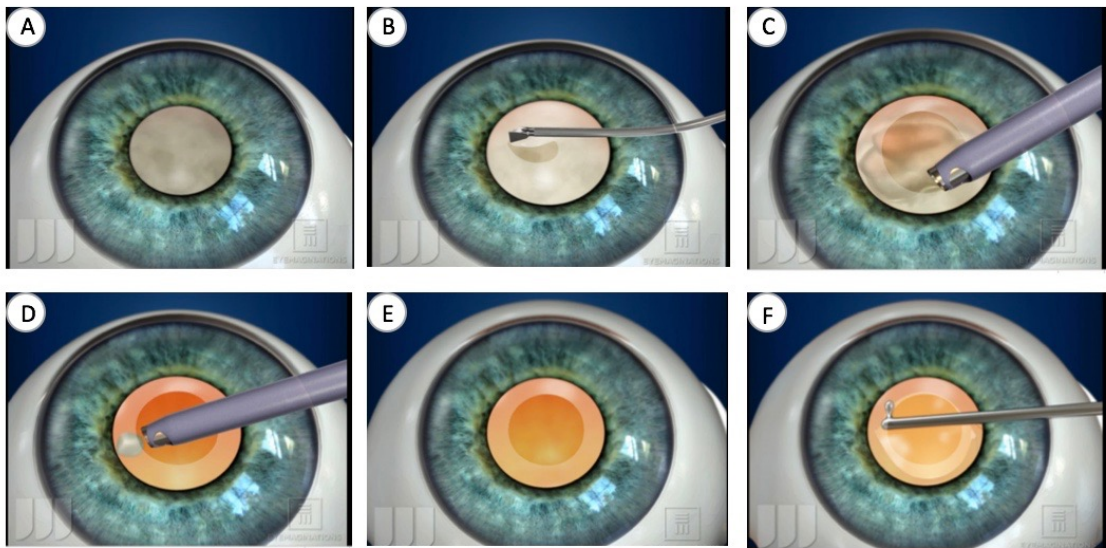


Figura 2.5: Etapas da técnica de facoemulsificação. Em **A** está representado o olho antes de iniciar a cirurgia; **B** mostra a incisão já feita bem como a abertura criada no cristalino; a letra **C** retrata a sonda emitindo ultrassons, que fragmenta a catarata e o cristalino; em **D** está representado o processo de sucção dos fragmentos nucleares; **E** mostra o olho sem a catarata e sem cristalino; a letra **F** apresenta a colocação da lente intraocular. Fonte: Imagens retiradas do vídeo do site *WillsEye Hospital, Cataracts - Phacoemulsification* [52] (Adaptado).

De salientar que a necessidade de utilizar ultrassons, para emulsionar o núcleo do cristalino, pode induzir lesões na córnea e, consequentemente, astigmatismo. Desta forma, um dos desafios da cirurgia de catarata consiste na minimização do uso de ultrassons.

2.3.2 Técnica de FLACS

A FLACS é a técnica mais avançada na cirurgia da patologia da catarata, sendo a forma mais segura, uma vez que grande parte da cirurgia passa a ser realizada automaticamente, menos invasiva, devido à redução do tempo de ultrassons aquando da fragmentação da catarata, e mais precisa de realizar a cirurgia [2, 6].

Os sistemas de tecnologia do laser de femtosegundo usam lasers neodímio-YAG pulsados, de comprimento de onda de 1064 nm, na região do infravermelho próximo, conjuntamente com um sistema de focagem de alta precisão. Esta técnica permite uma incisão mínima, de cerca de 3 μm . O pulso ultracurto de laser de femtosegundo gerado (10-15 segundos) evita os danos dos tecidos circundantes. Este resulta na formação de plasma e, secundariamente, na criação de bolhas de cavitação⁴, que separam o tecido num processo denominado de fotodisrupção. Assim, este processo origina uma queda brusca de pressão no estroma corneano, que se expande em forma de bolha de gás, separando as

⁴Cavitação é o fenómeno originado por quedas repentinas de pressão [53].

lamelas. A união de vários pulsos de luz infravermelha gera um plano de corte perfeito, permitindo que a incisão seja extremamente precisa. Portanto, esta técnica possibilita uma lesão mínima nos tecidos adjacentes à área tratada [2, 54].

Tal como já foi anteriormente referido, a técnica de FLACS põe fim a diversos procedimentos tradicionalmente utilizados na facoemulsificação convencional. A diferença entre estas práticas reside na mecanização da primeira fase da cirurgia, que contém as etapas mais críticas e onde é necessária uma maior precisão. Estas etapas são a incisão na córnea, a capsulotomia e a fragmentação do cristalino e da catarata [2].

A incisão corneana é a primeira fase da cirurgia de catarata. Com a ajuda da tecnologia de imagem tomografia de coerência ótica, de alta resolução, o cirurgião faz uma incisão precisa na córnea. Deste modo, é possível programar a profundidade, o tamanho e posição exata da incisão.

De seguida, procede-se à capsulotomia, uma das fases mais importante, visto que determina a centralização da lente intraocular. A lente natural do olho está rodeada por uma fina cápsula, sendo removida nesta etapa, para se obter acesso à catarata. Para isso, faz-se uma incisão dentro da cápsula que contém o cristalino, de modo a remover e substituir a lente natural do olho por uma lente artificial. É de grande importância que a parte restante da cápsula do cristalino permaneça intacta e que não seja danificada durante a cirurgia, uma vez que é necessário assegurar o implante da lente artificial para o resto da vida do paciente. Esta técnica de remoção da cápsula do cristalino, quando realizada com laser, apresenta uma maior precisão e reprodutibilidade, permitindo uma melhor centralização da IOL, o que, por sua vez, representa um fator determinante nos resultados visuais finais.

Depois da capsulotomia, segue-se a fragmentação do cristalino e da catarata. Esta ocorre por ação do laser, que vai amolecendo a catarata, fragmentando-a. Ao quebrar a catarata em pequenas porções, é necessária uma menor quantidade de energia para removê-la. Desta forma, o uso de ultrassons é menor, o que reduz o risco de afetar outras estruturas do olho.

Posteriormente a estes três procedimentos, a cirurgia de catarata continua de acordo com o método tradicional da facoemulsificação, ocorrendo a remoção da catarata por sucção e, seguidamente, a implantação das lentes intraoculares [2, 7, 54]. Todas estas etapas encontram-se representadas na figura 2.6.

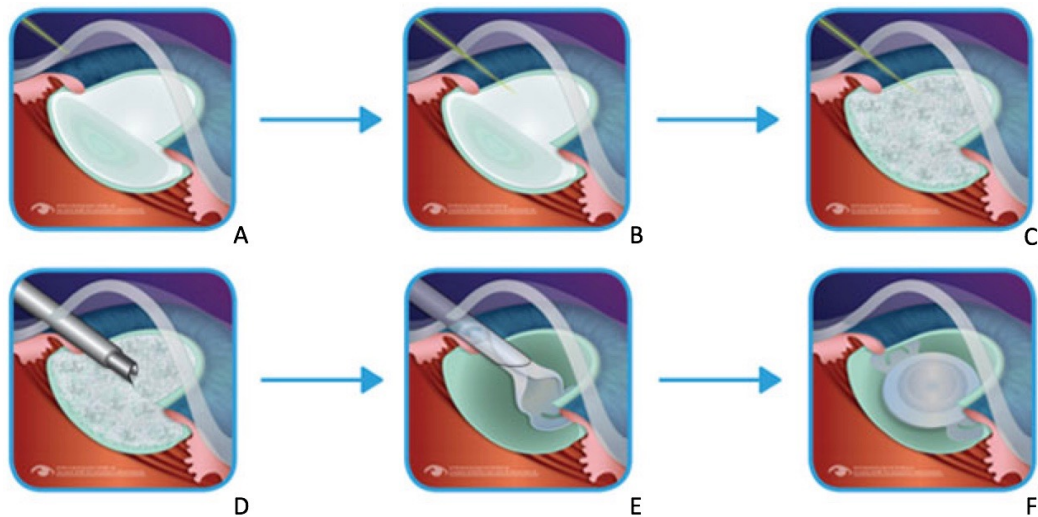


Figura 2.6: Etapas da técnica FLACS. A letra **A** representa a aplicação do laser para efetuar a incisão na córnea; **B** mostra a aplicação do laser para fazer uma abertura no saco capsular, que rodeia a catarata; **C** retrata a aplicação do laser para fragmentação da catarata em porções muito pequenas; na letra **D** está representado a sucção da catarata fragmentada; E e F mostram a implantação da lente intraocular. Fonte: Site *OCC eyecare – About Laser Cataract* [55]. (Adaptado).

2.3.2.1 Sistema de Laser da Cirurgia de Catarata

Atualmente, existem quatro plataformas de laser de femtosegundo disponíveis para a cirurgia de catarata. Entre eles apresentam-se o *LenSx*, *LensAR*, *Victus* e o *Catalys*, sendo este último o sistema que vai ser utilizado para o desenvolvimento deste estudo [2].

O *Catalys Precision Laser* é aprovado para as três primeiras etapas da cirurgia de catarata (incisão na córnea, capsulotomia e fragmentação do cristalino), que ocorrem antes da colocação da IOL. Este sistema apresenta uma interface ótica líquida, que reduz os riscos associados a uma alta pressão intraocular durante a cirurgia de catarata. Para além disso, esta plataforma integra a tecnologia de imagem OCT, mapeando e auxiliando todo o processo de incisão da córnea e do cristalino [2, 44]. A OCT mede a espessura da córnea e do cristalino, a curvatura da córnea e a largura e o comprimento da incisão, sendo possível processar toda a informação e criar um modelo tridimensional do olho. Todos estes dados e imagens do globo ocular, permitem ao cirurgião calcular a energia de ultra-sons exata que é necessária para implantar a lente intraocular [55].

EXAMES CLÍNICOS E MEDIDAS

Neste presente capítulo serão explicitados todos os exames clínicos necessários para o desenvolvimento desta investigação, em particular, os fenômenos físicos subjacentes a estes. Para além disso, serão referidas e descritas todas as medidas relevantes neste estudo, medidas estas que serão obtidas com recurso às diferentes técnicas clínicas.

São vários os exames realizados para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado. Entre eles a biometria ótica, o auto refratômetro, o *Pentacam* e a AS-OCT.

Relativamente aos parâmetros necessários para a realização deste estudo, tem-se a curvatura da córnea, o astigmatismo corneano, o astigmatismo induzido pela cirurgia, a acuidade visual, a espessura central da córnea, a distância desde o local da incisão até ao limbo esclero-corneano e a largura da incisão.

3.1 Biometria Ótica

Antes da implantação de uma IOL, é necessário determinar a potência de refração da lente. O processo de medir as várias características anatómicas do olho que são necessárias para o cálculo da potência de uma IOL é denominado de biometria ocular. O principal exame deste processo designa-se por biometria ótica, que se baseia no princípio de interferometria de coerência parcial. Este é um exame altamente preciso e não invasivo. Para além disso, é uma ferramenta valiosa na cirurgia de catarata, uma vez que otimiza os resultados dos pacientes [8, 9]. Deste modo, este é o primeiro exame clínico a que os pacientes se submetem, que entre as inúmeras informações que fornece, permite a obtenção de parâmetros essenciais para o estudo em causa e que serão detalhados no subcapítulo 3.1.1.

A biometria ótica consiste, portanto, na determinação de algumas medidas anatómicas do olho, tais como o comprimento axial – distância entre a superfície anterior da córnea e o epitélio pigmentado da retina –, a ceratometria – medida da curvatura da superfície

anterior da córnea – e a profundidade da câmara anterior. Estas medidas são cruciais para a seleção correta da potência refrativa das lentes intraoculares, de modo a alcançar o resultado refrativo desejado após a cirurgia de catarata, sendo, portanto, um passo essencial antes desta cirurgia [8, 56, 57].

Este exame, utiliza um feixe de luz infravermelho, com comprimento de onda de 780 nm. Através deste é possível obter as distâncias entre as várias estruturas oculares e o comprimento total do olho, mediante o princípio de interferometria de coerência parcial [9, 57, 58]. Na figura 3.1 encontra-se representado o esquema de funcionamento da biometria ótica, mais concretamente do equipamento *IOL-Master*, aparelho de biometria utilizado para este estudo de dissertação. Este esquema representa o princípio de interferometria de coerência parcial, que mede o tempo que a luz infravermelha demora até chegar à retina. Esta metodologia é utilizada com o intuito de determinar o tempo de passagem da luz e, assim, o comprimento axial, já que a luz viaja a uma velocidade demasiado elevada, não sendo possível medir diretamente. Deste modo, a luz refletida a partir do feixe de luz infravermelho é medida através do comprimento do percurso ótico, que vai desde a superfície anterior da córnea até ao RPE [59].

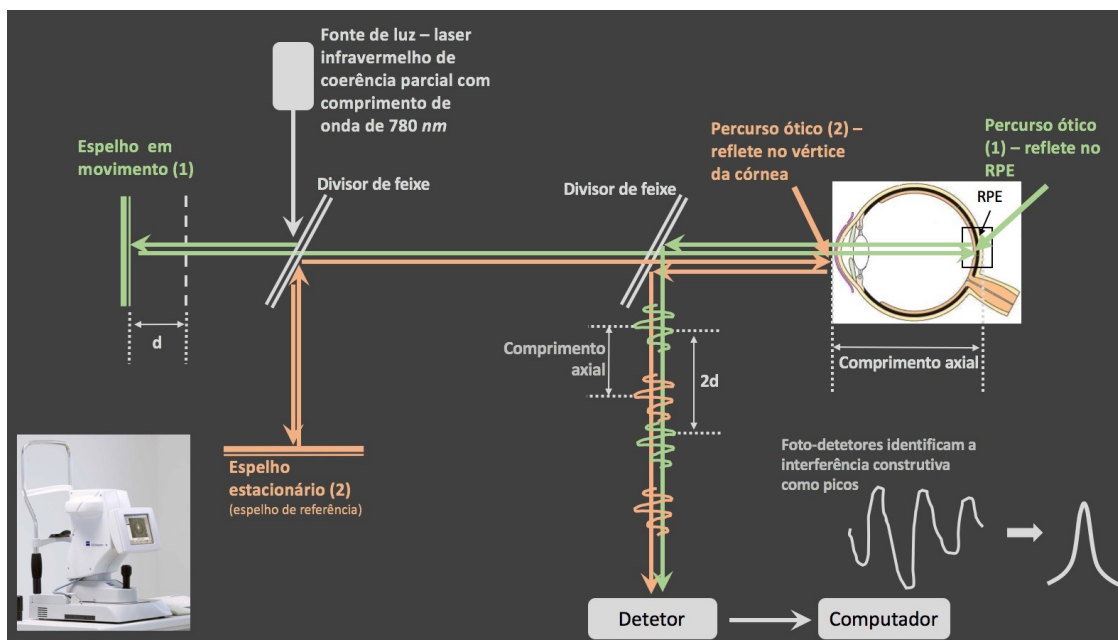


Figura 3.1: O princípio do equipamento *IOL-Master* opera com um duplo feixe de interferência de coerência parcial. O interferómetro gera dois feixes coaxiais com um tempo de atraso recíproco (a distância d , representada na figura, diz respeito ao comprimento do braço do interferómetro). Ambos os feixes coaxiais passam através do olho e são refletidos na superfície anterior da córnea (percurso laranja) e na interface da retina (percurso verde). Um sinal de interferência é detetado com auxílio do foto-detetor, recorrendo ao deslocamento do espelho em movimento, que está relacionado com a coerência da fonte de luz e com o sinal refletido. Fonte: *IOLMaster - A Practical Operation Guide* [60].(Adaptado).

Por sua vez, a determinação da curvatura corneana é baseada na medida das distâncias entre as imagens de luz refletida sobre a superfície da córnea. Na biometria ótica, este processo é designado por ceratometria, e que será explicado pormenorizadamente no subcapítulo 3.1.1.1, aquando da explicação do processo de aquisição da medida da curvatura da córnea.

Por fim, a mediação da profundidade da câmara anterior rege-se pela distância entre o cristalino e a córnea, através de uma fenda de luz lateral[59].

Esta técnica não exige contacto, logo, os artefactos de compressão da córnea são eliminados. Para além disso, é de realçar que o tipo e a densidade da catarata não geram problemas em relação à medida da ceratometria e da profundidade da câmara anterior. No entanto, em relação à determinação do comprimento axial, não é possível obter as medidas tão precisas em olhos com cataratas muito densas e, consequentemente, olhos com acuidade visual mais baixa, pois o feixe de luz emitido pelo biómetro não consegue atravessar meios mais opacos[56, 59].

3.1.1 Medida(s) obtida(s) pela biometria ótica

As medidas que irão ser obtidas através deste equipamento são a curvatura da córnea, o astigmatismo corneano e o astigmatismo induzido pela cirurgia, sendo que estes dois últimos parâmetros não são obtidos diretamente da biometria ótica.

3.1.1.1 Curvatura da córnea

Tal como já se referiu, o processo que permite a determinação da curvatura corneana denomina-se ceratometria, cujo princípio matemático por detrás deste afirma que a córnea é assumida como sendo um espelho esférico perfeito, com uma relação fixa entre a curvatura anterior e posterior da córnea (a curvatura posterior é 1,2 mm mais acentuada comparativamente à curvatura anterior). Assim, como a córnea atua como um espelho convexo, tal como representado na figura 3.2, há a formação de uma imagem virtual e de tamanho reduzido. Se a dimensão do objeto, a sua distância à córnea e o tamanho da imagem formada forem conhecidos, a curvatura corneana pode ser calculada. Por outras palavras, pode afirmar-se que é possível prever a curvatura da córnea através do tamanho da imagem que é refletida nesta estrutura. Esta medida é apresentada em milímetros ou em dioptrias e pode ser calculada com recurso às fórmulas:

$$R = 2u \times \frac{I}{O} \text{ (mm)}$$

e

$$D = \frac{n-1}{R} \text{ (dioptrias),}$$

onde R é o raio de curvatura da córnea, u é a distância do objeto até à córnea, I representa o tamanho da imagem e O o tamanho do objeto, D é o poder refrativo da córnea e n representa o índice de refração ($n=1,3375$).

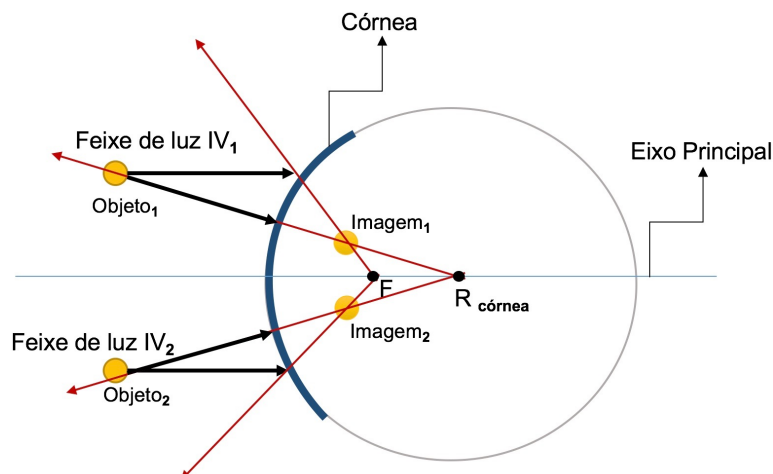


Figura 3.2: Física de um espelho convexo. Com o objetivo de estimar o centro da curvatura da córnea ($R_{córnea}$), dois feixes de luz são utilizados. A córnea age como um espelho convexo enquanto reflete e, consequentemente, o *objeto*₁, a sua imagem (*imagem*₁) e o centro da curvatura da córnea são direcionados para um mesmo ponto. Devido ao facto de se usar duas fontes de luz, a localização tridimensional do centro de curvatura da córnea pode ser estimada. Note-se que a imagem é virtual e reduzida.

3.1.1.2 Astigmatismo corneano

Através da ceratometria, também é possível obter o astigmatismo [56, 59, 60]. No entanto, é de realçar o facto de ser indispensável recorrer a cálculos intermédios para a obtenção desta medida.

Para que os raios de luz sejam focalizados na retina e refratados corretamente é essencial que a córnea e o cristalino sejam lisos e arredondados com uma curvatura igual em todas as direções. Quando isto não acontece, está-se perante uma aberração ótica, denominada astigmatismo. O astigmatismo caracteriza-se, então, pelo facto de os graus de curvatura do olho apresentarem potências de refração diferentes e, consequentemente, os raios luminosos não incidem no mesmo ponto da retina, tal como apresentado na figura 3.3, resultando numa imagem distorcida, tanto para objetos próximos como para objetos distantes [27, 61].

Existem alguns tipos de astigmatismo, no entanto, apenas se irá ter em consideração o astigmatismo corneano, que, tal como o nome indica, é causado devido a um formato irregular da córnea. Perante este tipo de astigmatismo, esta estrutura do globo ocular apresenta uma superfície irregular com zonas mais elevadas e outras mais planas, exibindo um formato elíptico. Os eixos maior e menor da elipse definem as orientações deste tipo de aberração ocular. Neste caso, a ceratometria, parâmetro obtido pela biometria ótica, é normalmente medida ao longo destes dois meridianos ortogonais, dando a potência máxima e mínima da córnea. Estes extremos são conhecidos como os K's da córnea (K_1 ; K_2). A diferença entre os valores de K fornece, então, a medida do astigmatismo corneano [27, 61], tal como se encontra exemplificado na tabela 3.1.

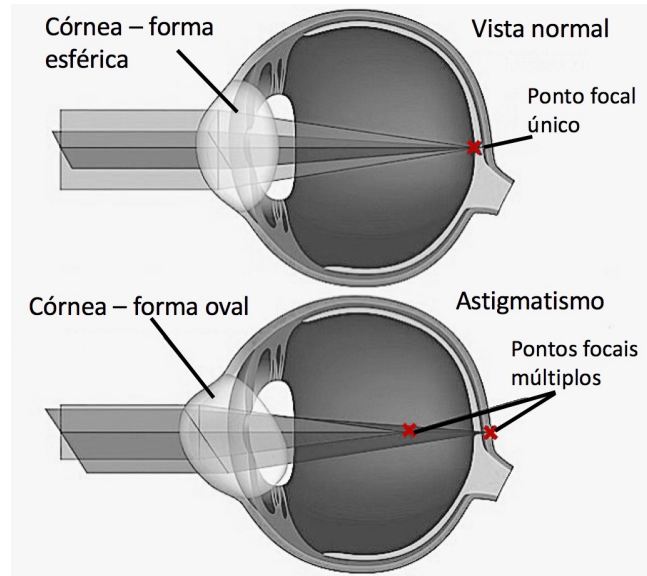


Figura 3.3: Nesta figura é evidente a diferença da córnea entre um sujeito com vista normal e um sujeito que sofra de astigmatismo, sendo que, neste último caso, a córnea apresenta um formato irregular. Para além disso, também é de realçar que, num olho que sofra de astigmatismo, existem diferentes pontos focais, que podem estar localizados antes, depois ou até mesmo na retina. Fonte: Site Fisioterapia para todos - Astigmatismo nos olhos [62].

Tabela 3.1: O valor do astigmatismo é dado pela diferença entre o K de maior potência e o K de menor potência. Já o eixo do astigmatismo é obtido através do meridiano de maior potência. Os K's representam a potência máxima e mínima da córnea, cuja unidade é a dioptria (D). Já os eixos correspondem à orientação do astigmatismo e apresentam-se em graus ($^{\circ}$).

Paciente	K1 (D)	Axis ($^{\circ}$)	K2 (D)	Axis ($^{\circ}$)	Astigmatismo
1	41,31	21	41,87	111	0,56 D x 111 $^{\circ}$
2	45,55	170	46,42	80	0,87 D x 80 $^{\circ}$

3.1.1.3 Astigmatismo induzido pela cirurgia, SIA

Por último, por intermédio deste equipamento, também é possível obter o valor do astigmatismo induzido pela cirurgia, que, tal como acontece com o astigmatismo corneano, são necessários cálculos para se obter o seu valor.

O astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata é um parâmetro muito estudado, uma vez que é de todo o interesse diminuir ao máximo o seu valor, otimizando, desta forma, os resultados refrativos dos pacientes. O SIA é influenciado por inúmeros fatores, tais como o tamanho e localização da incisão, a curvatura e rigidez da córnea ou até mesmo a potência da IOL [63].

O SIA não é apenas uma simples subtração dos valores K da córnea, antes e após a cirurgia. A análise desta medida apresenta um problema complexo devido ao facto de ser necessário avaliar em simultâneo a magnitude e a orientação do astigmatismo. Note-se que, para o desenvolvimento desta dissertação, apenas se irá analisar a magnitude do

astigmatismo. Este problema é resolvido através da conversão dos valores de astigmatismo para um sistema de coordenadas cartesianas, onde é criado um vetor, sendo atribuído a cada vetor uma posição, representado por (x,y) . Como o astigmatismo repete-se de 180° em 180° , a sua representação nos eixos cartesianos requer que o eixo do astigmatismo duplique, de forma a estar em conformidade com um esquema que se repete em 360° . Assim, as equações seguintes são usadas para se obterem os valores de x e y :

$$x = m \cos(2a)$$

$$y = m \sin(2a),$$

onde m é a magnitude do astigmatismo corneano e a é o eixo do meridiano mais curvo, ou seja, é o eixo que apresenta um maior K.

É importante referir que antes de se usarem estas equações, é necessário calcular o valor do astigmatismo corneano, valor esse que será substituído, na letra m , nas equações acima representadas, tal como foi explicado na tabela 3.1.

Deste modo, geram-se, então, os valores de x e y para o pré-operatório e para o pós-operatório, obtendo-se (x_{pre}, y_{pre}) e (x_{pos}, y_{pos}) .

Para se calcular o SIA, os valores do pré-operatório são subtraídos aos valores do pós-operatório, com o propósito de se formar novamente um vetor (x,y) :

$$x_{SIA} = x_{pos} - x_{pre}$$

$$y_{SIA} = y_{pos} - y_{pre}$$

O próximo passo baseia-se no cálculo do valor total do astigmatismo induzido cirurgicamente:

$$\text{Valor astigmatismo} = \sqrt{x_{SIA}^2 + y_{SIA}^2}$$

Como se pode observar, esta medida envolve muita matemática, álgebra e trigonometria [45, 63, 64]. Desta forma, este cálculo despende muito tempo e, por isso, programou-se no *Matlab* as funções necessárias para a aquisição deste parâmetro.

3.2 Auto Refratómetro

A refração ocular, fenómeno representado na figura 3.4, é o processo no qual um feixe de luz, vindo do meio exterior, atravessa o globo ocular, resultando na formação de imagens nítidas na retina.

Quando os feixes de luz sofrem desvios provocados pelo formato do olho, não sendo focados na retina, ocorrem os chamados erros de refração, caracterizados pela distorção da visão [65]. A miopia e o astigmatismo são exemplos de erros de refração. Assim, um auto refratómetro é um equipamento que determina a refração do globo ocular e, deste modo, mede a graduação correta de uma lente [11, 66].

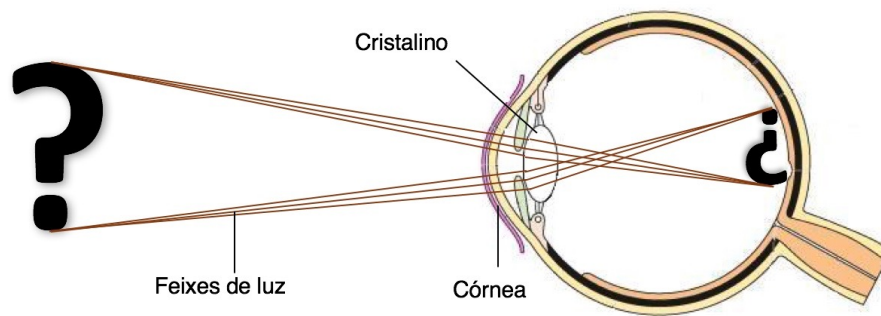


Figura 3.4: Nesta imagem é perceptível a forma como o olho utiliza o fenómeno da refração para ver imagens no mundo envolvente. É na córnea que se inicia o processo de refração, uma vez que a sua potência refractiva desvia os raios de luz, de tal modo que estes atravessam livremente a pupila, mediante a qual a luz entra no olho. A pupila é, portanto, uma abertura regulável, que controla a intensidade de luz que chega ao cristalino. Este, por sua vez, foca a luz através do humor vítreo. Por fim, a retina recebe a imagem que a córnea focou e transforma-a em impulsos elétricos que são enviados até ao cérebro, através do nervo ótico. Fonte: Site *Minds Eye - Astigmatism* [67] (Adaptado).

A tecnologia do auto-refratômetro contém um sistema ótico adequado para determinar a convergência de luz que é refletida a partir da retina, revelando, assim, o estado de refração do olho. Deste modo, esta técnica possui uma luz infravermelha que envia luz para o olho do paciente que, por sua vez, é analisada por um sensor. A área da retina irradiada pelos feixes de luz infravermelha produz uma imagem real no auto refratômetro. Essa imagem é analisada por meios fotoelétricos com o uso de um dispositivo sensível ao infravermelho, que detetam o feixe focalizado e estimam o erro refrativo. A maioria dos auto refratômetros utilizam o princípio de *Scheiner* [12, 68, 69]. Um dispositivo de focalização automático que usa o princípio de *Scheiner* divide cada raio luminoso que emerge do olho de um indivíduo em dois feixes e procura o ponto em que eles fazem interseção, tal como se pode observar na figura 3.5 [69].

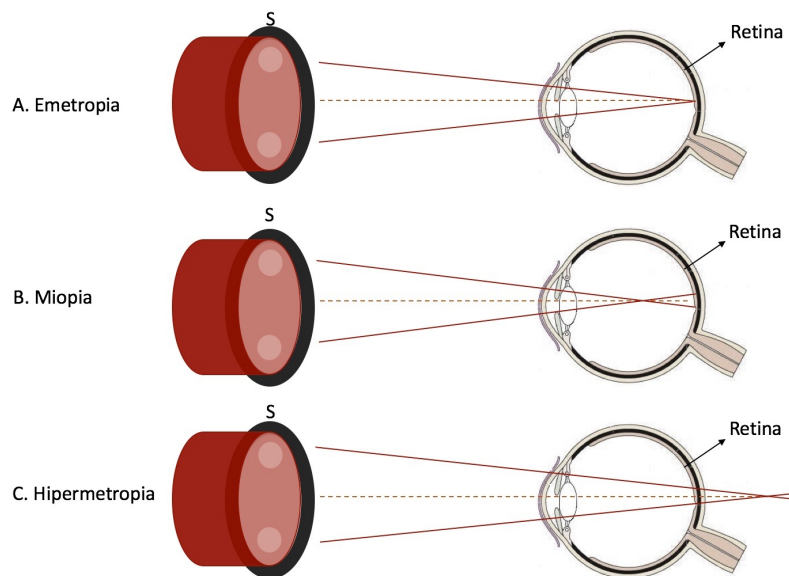


Figura 3.5: Princípio de Scheiner – A luz, após passar o disco de Scheiner, reduz a dois pequenos feixes luminosos, devido aos dois orifícios no disco em questão. No caso de emetropia, caso A, os dois raios de luz apresentam o seu ponto de convergência na retina, formando aqui uma imagem. Já no caso B, há um defeito na convergência dos raios luminosos, provocando a formação da imagem de objetos distantes à frente da retina, o que implica que os objetos que se encontram afastados sejam vistos desfocados. Já no caso da hipermetropia, a imagem é formada após a retina. Através do ajuste da posição do objeto, para que se consiga ver uma imagem nítida, é possível determinar o erro refrativo do olho do paciente. Nota: A letra S representa o disco de Scheiner, representado a preto. Fonte: Livro *Ophthalmology* (M. Yanoff e J. S. Duker) [69]. (Adaptado)

3.2.1 Medida(s) obtida(s) pelo auto-refratômetro

São várias as medidas obtidas pelo auto-refratômetro, no entanto, para o estudo da dissertação em questão, apenas será analisada a acuidade visual.

3.2.1.1 Acuidade Visual

A medida da VA é a principal ferramenta clínica para a avaliação funcional da visão. Resnikoff et al. (2004) afirmou que a catarata é a principal causa de uma acuidade visual prejudicada [70]. É então pertinente perceber o conceito desta medida. A VA é, portanto, o inverso do ângulo visual limiar em minutos de arco (α), ou seja, é o menor ângulo que permite a discriminação de dois pontos como separados, correspondendo à nitidez da visão. Esta característica da visão depende de fatores óticos e neurais, tais como a nitidez do foco da retina, a saúde e funcionamento da retina e a sensibilidade interpretativa do cérebro. Entre algumas causas para a baixa acuidade visual, encontram-se erros de refração ou erros na forma como a luz é refratada no globo ocular. Também o astigmatismo é uma causa da baixa acuidade visual [24, 71, 72].

Através do exame de refração é, então, possível identificar a acuidade visual. Neste

exame são necessários três aparelhos - auto refratômetro, projetor e *greens*. O primeiro é o equipamento utilizado para se identificar, automaticamente, o grau de refração. Já através do projetor serão exibidas várias linhas de letras cujo tamanho vai diminuindo, com o intuito de se detectar qual a menor linha de letras que o paciente consegue ver com nitidez. Por fim, o *greens* é um aparelho composto por um conjunto de lentes, cujo propósito deste passa por encontrar o grau de refração que melhor satisfaz a acuidade visual do paciente.

Existem diversas notações para designar a acuidade visual. As principais notações utilizadas atualmente são a decimal, a fração de *Snellen*, a MAR e a *LogMAR*.

A fração de *Snellen* descreve o menor tamanho de um objeto que o paciente consegue identificar corretamente. Esta notação compara o resultado do paciente (numerador) com o resultado esperado a partir do sistema visual "normal" (denominador). Por exemplo, 6/15 significa que o paciente apenas consegue ver determinado objeto a 6 metros de distância, enquanto uma pessoa, com a visão normal, consegue ver a 15 metros. A partir da fração de *Snellen* é possível obter o valor de acuidade visual na escala decimal [71, 72].

Neste estudo, os dados deste parâmetro serão analisados na notação *LogMAR*. É importante referir que na notação *LogMAR*, o valor da acuidade visual *standard* é zero. A conversão faz-se mediante a fórmula:

$$\text{LogMar} = -\log \text{Decimal Acuity}$$

Na tabela C.1, do apêndice C, apresentam-se as diferentes notações dos valores de acuidade visual.

A tabela seguinte, tabela 3.2, indica o grau de aptidão da visão consoante os valores de acuidade visual nas escalas decimal e *LogMAR*:

Tabela 3.2: Tabela do estado da visão do olhos de acordo com os diferentes valores de acuidade visual, tanto na escala decimal, como na escala *LogMAR*. De referir que na escala decimal o valor *standard* da VA é 1 [73].

Estado da Visão	Escala Decimal	Escala <i>LogMAR</i>
Visão normal	$VA \geq 0,8$	$VA \leq 0,1$
Perda leve de visão	$0,3 \leq VA < 0,8$	$0,1 < VA \leq 0,5$
Perda moderada de visão	$0,125 \leq VA < 0,3$	$0,5 < VA \leq 0,92$
Perda severa de visão	$0,05 \leq VA < 0,125$	$0,92 < VA \leq 1,3$
Perda (quase) total de visão	$VA < 0,05$	$VA > 1,3$

3.3 Pentacam

O sistema *Pentacam* é um instrumento fundamental para a caracterização morfológica do olho e diagnóstico de patologias, permitindo avaliar toda a paquimetria ocular. Para além disso, é capaz de realizar uma análise e medição precisa e completa do centro da córnea, sendo bastante utilizado como apoio à cirurgia refrativa e da catarata [13, 74].

Este é um dispositivo combinado, constituído por um sistema de iluminação, que projeta uma fenda de luz sobre a córnea, e por uma câmara *Scheimpflug*, que gira em torno do olho [13, 75]. O sistema de iluminação é formado por três componentes - uma

fonte de luz, um diafragma em forma de fenda e um sistema de lentes. O primeiro consiste num LED de cor azul (comprimento de onda de 475 nm), cuja orientação é igual à do diafragma[13, 74, 75]. Deste modo, com o intuito de se obterem as diversas secções do segmento anterior do olho, a fenda de luz gira 360°, simultaneamente com a câmara, sendo que esta última adquire as imagens[13]. Por sua vez, a câmara rotatória baseia-se no princípio de *Scheimpflug*, fornecendo imagens do segmento anterior do olho, o que proporciona informações sobre a topografia, elevação e paquimetria da córnea, profundidade, ângulo e volume da câmara anterior e, ainda, valores de densidade ótica do cristalino. Esta roda 360°, como é ilustrado na figura 3.6, capturando cerca de 50 cortes sagitais, em menos de dois segundos[13]. Deste modo, este processo de rotação proporciona a construção tridimensional do segmento anterior do olho.

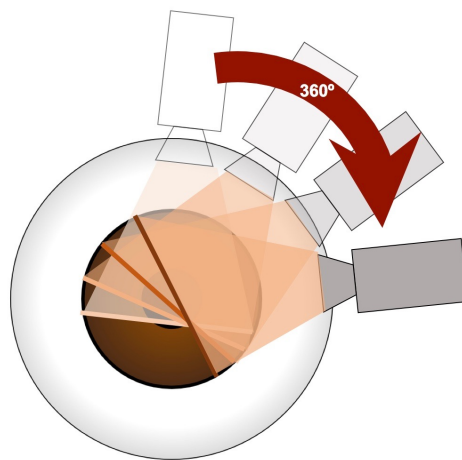


Figura 3.6: Representação do sistema de rotação do *Pentacam*. O facto da fonte de luz e a câmara *Scheimpflug* girarem 360° permite a aquisição de um modelo tridimensional do segmento anterior do olho, que vai desde a córnea até ao cristalino. Fonte: Site *The Pentacam, The Gold Standard in Anterior Segment Tomography* [13]. (Adaptado)

O princípio de *Scheimpflug* descreve uma condição de imagem ótica, que permite a documentação de um objeto inclinado transversalmente com o máximo possível de profundidade de foco e com a mínima distorção de imagem. Este descreve a orientação do plano de foco, no sistema ótico, quando o plano da lente não se encontra paralelo ao plano do objeto. Uma das principais aplicações deste princípio relaciona-se com câmaras de movimento, com o propósito de se obter uma elevada profundidade de foco. Logo, segundo o princípio de *Scheimpflug*, existem três planos - o plano do objeto, o plano da lente e o plano da imagem. Desta forma, para se obter uma imagem com boa profundidade de foco, é necessário que ocorra a interseção dos três planos no mesmo ponto [74, 75], tal como se pode observar figura 3.7 a). É de salientar, que em imagens convencionais os três planos apresentam-se paralelamente entre si e perpendicularmente ao eixo ótico do sistema e, por isso, não há formação de imagens com profundidade, figura 3.7 b).

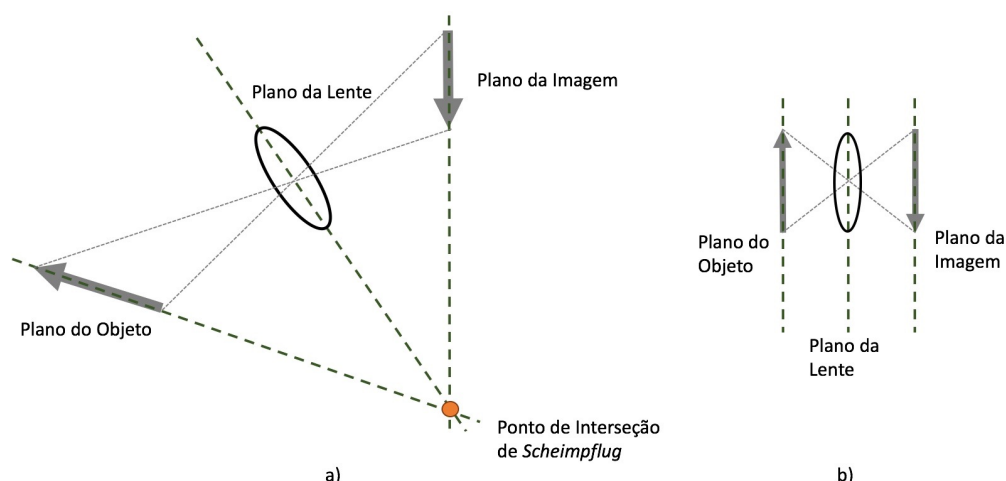


Figura 3.7: a) Princípio de *Scheimpflug*, o plano da imagem, plano do objeto e plano da lente interseitam-se num ponto, denominado ponto de interseção de *Scheimpflug*; b) Princípio convencional com profundidade de foco limitada.

Concluindo, este equipamento fornece inúmeras informações que permitem melhorar os cálculos para a implementação de IOL para a cirurgia LASIK, PRK e RK¹.

3.3.1 Medida(s) obtida(s) pelo *Pentacam*

Relativamente ao sistema *Pentacam*, apenas se obtém uma medida relevante para o desenvolvimento deste estudo. Esta medida é a espessura central da córnea.

3.3.1.1 Espessura central da córnea

A CCT é uma medida bastante útil no diagnóstico de determinadas doenças da córnea e em inúmeros procedimentos cirúrgicos, como é o caso da cirurgia refrativa. Esta pode ser estudada através do módulo de paquimetria. Num adulto, é de esperar que a espessura central da córnea seja, aproximadamente, 540 micrómetros [15, 25, 76]. Esta medida é obtida mediante o princípio de *Scheimpflug*, tal como se descreveu anteriormente, na secção 3.3. A figura seguinte, figura 3.8, apresenta a interface do sistema *Pentacam*, nomeadamente para a aquisição da espessura central da córnea.

¹LASIK, PRK e RK são tipos de cirurgias que permitem tratar a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo

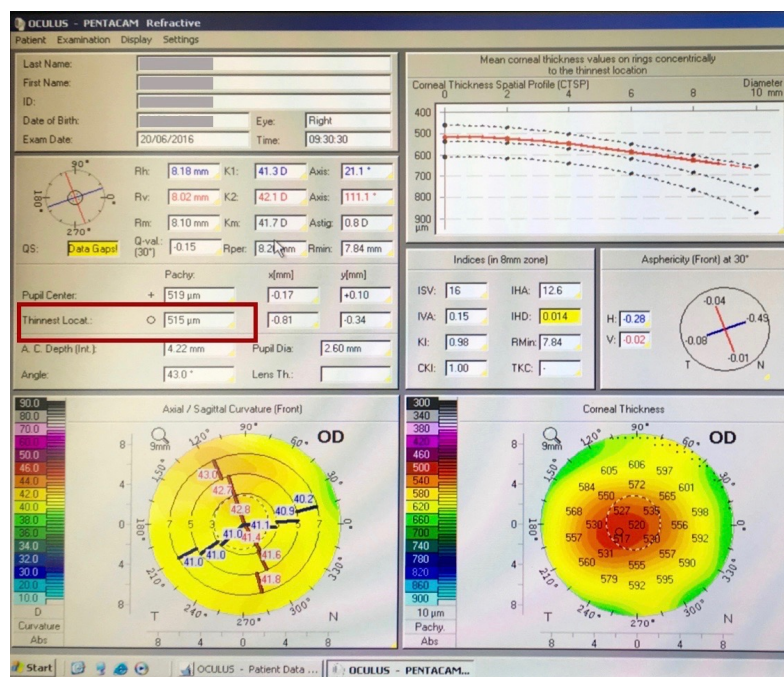


Figura 3.8: Módulo de paquimetria do sistema *Pentacam*. No lado superior esquerdo, encontram-se os dados topométricos do paciente - curvatura da córnea (valores K), espessura central da córnea, profundidade da câmara anterior e ângulo irido-corneano (ângulo formado pela córnea e pela íris). No lado superior direito está representado graficamente o comportamento da espessura da córnea em função do diâmetro, sendo possível observar que um maior diâmetro, conduz a uma maior espessura. Já no lado inferior direito encontra-se exibido o mapa colorido relativo à espessura desta estrutura do olho.

3.4 Tomografia de Coerência Ótica do Segmento Anterior, AS-OCT

Tal como já se referiu anteriormente, a tomografia de coerência ótica é um exame complementar no diagnóstico e tratamento de certas doenças, nomeadamente da catarata [15].

Semelhante ao que acontece na biometria ótica, a AS-OCT baseia-se no princípio de interferometria de baixa coerência para determinar o tempo de atraso entre os pulsos de luz e a magnitude da refletividade da luz num tecido em estudo. Desta forma, este sistema fornece imagens tridimensionais de alta resolução (1 a 15 μm), em plano transversal e de tecidos *in vivo*, sendo possível a medição de vários constituintes oculares, tais como a córnea, a retina, a mácula e o disco ótico. Todas estas medidas são exequíveis através da medição do atraso entre pulsos de luz infravermelha e da intensidade dos pulsos retrodispersos. A interferometria de baixa coerência, tal como se observa na figura 3.9, baseia-se na interferência de dois feixes de luz provenientes de uma mesma fonte, sendo os raios de luz direcionados para um espelho de referência. A luz percorre um trajeto conhecido, é refletida no espelho de referência, que tem a sua posição variável, produzindo atrasos variáveis no tempo. Os trajetos são combinados num detetor, – que funciona como

um vetor que guarda informação sobre a estrutura axial dos tecidos –, e, posteriormente, modulados e enviados a um computador. Com o propósito de formar uma imagem bidimensional (2D), são realizados múltiplos *scans* longitudinais em diversas posições laterais.

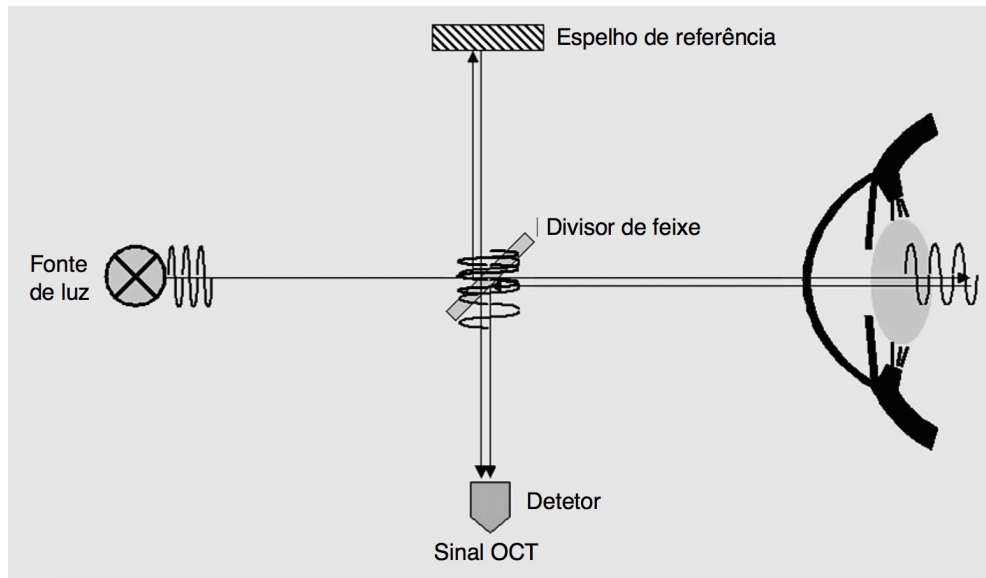


Figura 3.9: Princípio básico da AS-OCT. Os feixes de luz são direcionados para o olho e as reflexões provenientes de diferentes camadas são recebidas por um detetor, processando a informação para, posteriormente, gerar uma imagem 2D. Fonte: Artigo Valor da tomografia de coerência ótica na cirurgia do segmento anterior (2010) [15]

Consequentemente, a AS-OCT emergiu para a vanguarda da tecnologia da imagem ocular, sendo, atualmente, um poderoso método de diagnóstico de patologias retinianas, anomalias do nervo ótico, edema macular², entre outras, uma vez que esta fornece imagens de tecidos *in situ* e em tempo real [15, 77, 78].

3.4.1 Medida(s) obtida(s) pela OCT

A tomografia de coerência ótica fornece imagens de alta resolução da córnea, onde a incisão cirúrgica é claramente visível. Assim, optou-se por utilizar este equipamento para se proceder à obtenção da distância entre o local da incisão e o limbo esclero-corneano.

3.4.1.1 Distância local incisão - limbo esclero-corneano

Como já se referiu anteriormente, a primeira etapa da cirurgia de catarata relaciona-se com a incisão, em que o cirurgião executa uma incisão na esclerótica ou na córnea. Para além disso, também já se mencionou que a fronteira entre a córnea e a esclerótica denomina-se limbo esclero-corneano. Posto isto, este parâmetro é a distância que vai desde o local de incisão até esta fronteira. Esta distância é obtida com recurso às imagens

²Edema macular é uma das principais causas de baixa acuidade visual.

provenientes da AS-OCT. É de realçar o facto da aquisição deste parâmetro ser feito manualmente, tal como se irá demonstrar na figura 3.10.

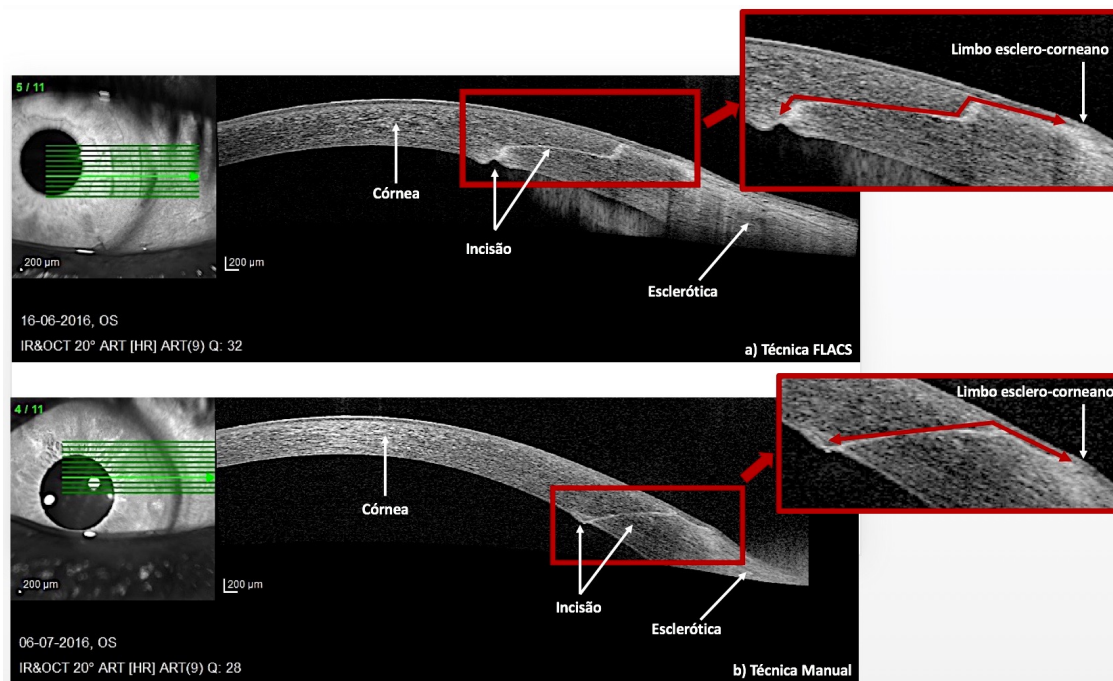


Figura 3.10: Imagem obtida pelo sistema AS-OCT de dois pacientes submetidos à cirurgia de catarata passados 3 meses. Na figura de cima, a técnica cirúrgica utilizada foi a FLACS, já na figura abaixo o paciente foi sujeito à técnica de facoemulsificação. O trajeto a vermelho exibido nas imagens ampliadas representa a distância desde o local da incisão até ao limbo esclero-corneano. Este percurso é medido manualmente.

A relevância deste parâmetro relaciona-se com a análise do comportamento desta medida com o astigmatismo induzido pela cirurgia. Atualmente, a maioria das incisões aquando da cirurgia de catarata efetuam-se na córnea, junto ao limbo, e não na esclerótica. *Haldipurkar et al.* investigou estes dois tipos de incisão, concluindo que as incisões corneanas induzem mais astigmatismo do que as incisões na esclera, uma vez que, quanto maior for a distância da incisão à córnea, menor serão as probabilidades de causar astigmatismo. Esta afirmação é justificada pelo facto de a sutura na esclera proporcionar uma maior superfície de cicatrização, que é conducente a uma maior estabilidade do ponto de vista de refração. Assim, as incisões na esclera não provocam alterações tão significativas na curvatura da córnea e, conseqüentemente, induzem uma menor quantidade de astigmatismo. Para além disso, relativamente às incisões ao nível da córnea, quanto maior for a distância do local da incisão até ao limbo, maior será o SIA, uma vez que maior distância ao limbo esclero-corneano implica uma incisão mais próxima do centro da córnea, provocando um efeito maior sobre as alterações na curvatura corneana [61, 79].

3.5 Outras medidas

Para além de todas as medidas já mencionadas, falta ainda a largura da incisão, sendo que este parâmetro é obtido manualmente, sem recurso a nenhum exame clínico. A aquisição deste dado é feita logo após terminar a cirurgia e é o médico cirurgião que mede a largura do corte. O instrumento utilizado para medir a largura da incisão denomina-se de medidor de incisões de *Barrett* e encontra-se representado na figura 3.11.

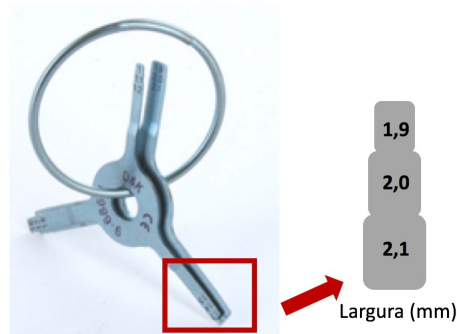


Figura 3.11: Medidor de incisões de *Barrett*. Este instrumento apresenta vários tamanhos de largura, incrementando 0,1mm de cada vez, de forma a se obter o tamanho mais adequado para a medição da largura da incisão.

METODOLOGIA

No presente capítulo, serão apresentadas e descritas as várias fases seguidas durante o estudo clínico em causa. Deste modo, para atingir os objetivos propostos para esta dissertação, este foi dividido em 11 etapas distintas:

1. Aquisição dos dados provenientes da biometria ótica - curvatura da córnea e astigmatismo - no pré-operatório;
2. Aquisição da acuidade visual através do exame de refração no pré-operatório;
3. Aquisição da espessura central da córnea (paquimetria) através do sistema *Pentacam* no pré-operatório;
4. Medição da largura da incisão aquando da cirurgia de catarata, através do medidor de incisões de *Barret*;
5. Aquisição das medidas de acuidade visual, astigmatismo e curvatura da córnea através dos diferentes exames clínicos já mencionados, no pós-operatório imediato, após 1 mês da cirurgia e 3 meses após a cirurgia;
6. Cálculo do SIA através dos valores K obtidos pela ceratometria na biometria ótica no pós-operatório imediato, após 1 mês da cirurgia e após 3 meses da cirurgia;
7. Aquisição da medida da CCT por meio do sistema *Pentacam*, 3 meses após a cirurgia;
8. Medição da distância entre o local da incisão e o limbo esclero-corneano, através das imagens fornecidas pelo sistema OCT;
9. Tratamento e análise dos dados adquiridos através dos programas *Matlab* e *Excel*;
10. Comparação das medidas anteriormente referidas entre as duas técnicas de cirurgia de catarata - facoemulsificação e laser de femtosegundo;

11. Determinação da melhor técnica a aplicar para uma dada patologia da catarata, relativamente às alterações provocadas na estrutura da córnea;

4.1 População em estudo

Este estudo clínico foi realizado na Clínica Privada de Oftalmologia, em Lisboa, entre os meses de Fevereiro e Agosto de 2016. Foram avaliados 146 pacientes, no entanto, só foram aceites para este estudo 37, num total de 55 olhos com cataratas. Dentro deste grupo de 55 olhos, 40 foram sujeitos à técnica de FLACS e os restantes 15 à técnica manual. Os pacientes da população em estudo tinham idades compreendidas entre 52 e 82 anos, sendo a idade média da amostra de $[68 \pm 8]$ anos. Particularmente, na técnica de laser de femtosegundo a média dos pacientes é $[67 \pm 7]$ anos e na técnica manual é $[71 \pm 7]$ anos.

É importante referir que não se teve em consideração outras possíveis patologias oculares, nem a densidade das cataratas para a realização deste estudo. No entanto, os critérios de exclusão relacionaram-se com o facto de ocorrerem complicação durante ou após a cirurgia de catarata, que poderiam comprometer os resultados, tais como um aumento significativo da pressão intraocular ou inflamações pós-cirúrgicas. Para além disso, os pacientes que faltaram a consultas necessárias para a obtenção dos vários parâmetros em estudo também foram rejeitados.

Todos os pacientes admitidos a este estudo foram sujeitos aos mesmos exames, com o intuito de se obterem todas as medidas necessárias para o desenvolvimento desta dissertação.

Depois de realizados os exames de diagnóstico, os pacientes foram submetidos ou à técnica de facoemulsificação ou à cirurgia de laser de femtosegundo, na qual se registaram os valores do tamanho da incisão. A escolha dos pacientes para cada técnica cirúrgica de tratamento relacionou-se, principalmente, com os protocolos de seguros de saúde. Posteriormente à cirurgia, os pacientes voltaram a realizar determinados exames, no pós-operatório e após 1 e 3 meses da cirurgia, com o propósito de se obter novamente as medidas para o estudo em causa.

4.2 Parâmetros em estudo

Tal como já se mencionou, as medidas de estudo desta dissertação são a espessura central da córnea, a curvatura da córnea, o astigmatismo corneano, o astigmatismo induzido pela cirurgia, a acuidade visual, a largura da incisão e a distância desde o local de incisão até ao limbo esclero-corneano.

A medida da espessura central da córnea foi obtida no pré-operatório e após 3 meses da cirurgia. Já os dados relativos à curvatura da córnea, astigmatismo corneano, astigmatismo induzido pela cirurgia e acuidade visual foram adquiridos no pré-operatório, no pós-operatório imediato e após 1 e 3 meses da cirurgia. Relativamente à largura da incisão, esta recolheu-se durante a cirurgia, tanto para os pacientes sujeitos a facoemulsificação

como para os pacientes que recorreram à FLACS, e a medida da distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano foi recolhida passados 3 meses da cirurgia.

É relevante referir que o astigmatismo induzido pela cirurgia e a espessura central da córnea serão comparados com a largura da incisão. Para além disso, a distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano será comparada com o astigmatismo induzido pela cirurgia. Por fim, todos os parâmetros serão comparados entre as duas técnicas cirúrgicas.

4.3 Técnicas cirúrgicas

Como já se referiu, serão estudados os dados obtidos por duas técnicas cirúrgicas - a facoemulsificação e a FLACS.

4.3.1 Facoemulsificação

A análise dos vários parâmetros pela técnica manual será baseada num total de 10 pacientes, onde serão analisados 15 olhos. Destes 15 olhos, 7 corresponderem ao olho direito e 8 ao olho esquerdo.

4.3.2 Cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo

Na técnica de FLACS, o estudo dos vários parâmetros será realizado para um total de 27 pacientes, onde serão avaliados 40 olhos. Destes 40 olhos, 23 correspondem ao olho direito e 17 ao olho esquerdo.

4.4 Análise estatística

Para a análise estatística deste estudo clínico serão utilizados os programas *Matlab* e *Excel*. Todos os dados recolhidos serão representados graficamente e será referida a média \pm desvio padrão para cada parâmetro em estudo. Para além disso, será estudado o valor-p, valor este que será calculado com recurso ao teste *t-Student*, e que representa a probabilidade de os valores obtidos serem devido ao acaso, e o coeficiente de correlação de *Pearson*, R. Neste estudo, todos os resultados estatísticos com um valor-p inferior a 0,05 serão considerados estatisticamente significativos e com um valor R superior a 0,5 linearmente relacionados. O coeficiente de correlação de *Pearson*, R, será calculado com o intuito de se verificar a relação existente entre a espessura central da córnea e a largura da incisão, o astigmatismo induzido pela cirurgia e a largura da incisão e a distância entre o local da incisão e o limbo esclero-corneano e o astigmatismo induzido.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados e analisados os resultados obtidos deste estudo clínico. Serão realizadas 6 análises, cuja primeira refere-se ao estudo da acuidade visual. De seguida, proceder-se-á à interpretação dos resultados da curvatura da córnea. Posteriormente, serão avaliados os valores obtidos do astigmatismo corneano. Na quarta análise, efetuar-se-á o estudo da espessura central da córnea bem como a relação deste parâmetro com a largura da incisão. A seguinte análise refere-se ao estudo do comportamento do astigmatismo induzido cirurgicamente relacionando-o, mais uma vez, com a largura da incisão. Por fim, será estudada a dependência existente entre a distância do local de incisão até ao limbo esclero-corneano e o SIA.

As análises serão realizadas, separadamente, quer para o grupo de pacientes da técnica de facoemulsificação quer para o grupo da técnica de FLACS, com o intuito de se perceber qual a melhor técnica a aplicar para o tratamento da catarata.

Note-se, ainda, que a listagem dos valores dos vários parâmetros em estudo para cada paciente sujeito à técnica de FLACS apresenta-se no apêndice A. Já os dados relativos à técnica de facoemulsificação encontram-se no apêndice B.

5.1 Análise da acuidade visual

Na análise que, de seguida, se apresenta serão estudados os valores da acuidade visual no pré-operatório, no pós-operatório imediato e 1 mês e 3 meses após a cirurgia. Recordar-se que estes dados foram adquiridos através do auto-refratómetro. Salienta-se, ainda, que se fez uso da tabela C.1, representada no apêndice C, para a conversão dos resultados da escala decimal para a escala *LogMAR*.

5.1.1 Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo

Os gráficos das figuras 5.1 e 5.2 apresentam a evolução da acuidade visual ao longo do tempo após a cirurgia. É preciso ter em atenção o facto de se estar a analisar este parâmetro na escala *LogMAR*, cujo valor zero corresponde a uma ótima acuidade visual. Assim, uma diminuição no seu valor corresponde a uma melhoria na visão.

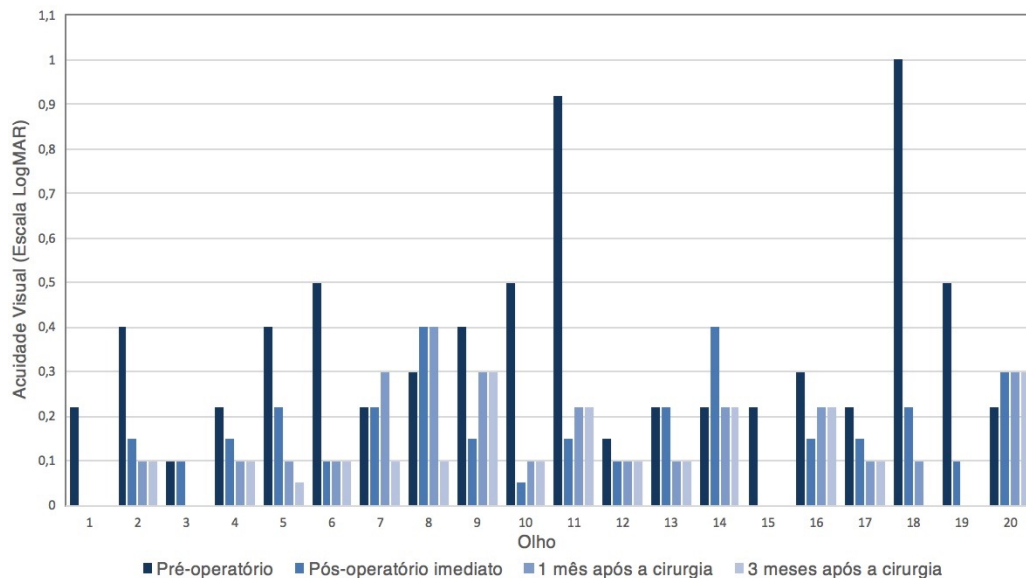


Figura 5.1: Gráfico da análise da acuidade visual em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS para 20 olhos.

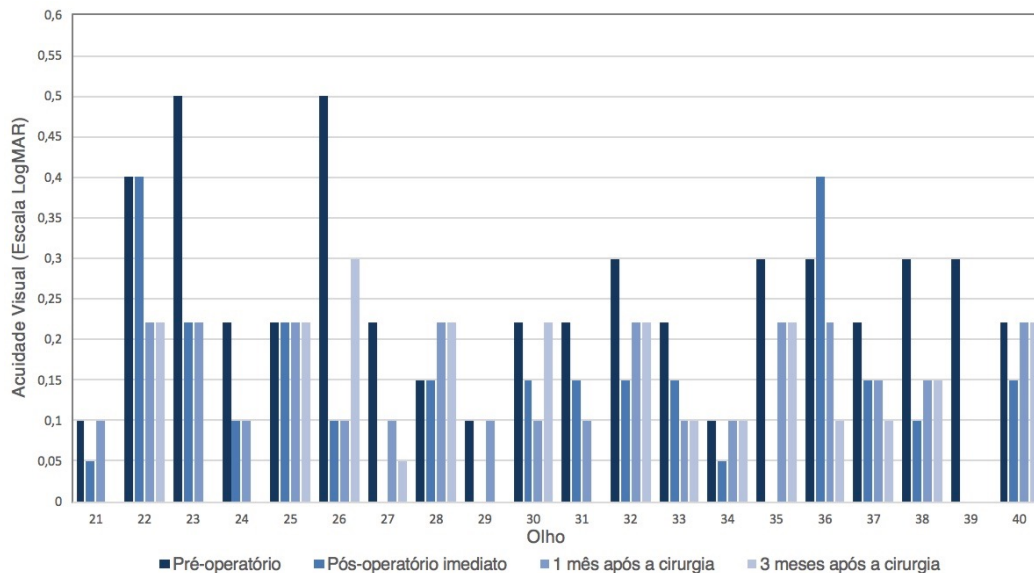


Figura 5.2: Gráfico da análise da acuidade visual em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS para os restantes 20 olhos.

Tal como se pode verificar pelos gráficos acima apresentados, a acuidade visual tende

a melhorar após esta técnica cirúrgica. Antes da cirurgia, a média do valor de acuidade visual dos pacientes sujeitos a este estudo era de $[0,3 \pm 0,2]$. Logo após o tratamento de catarata, obtiveram-se, novamente, os valores de acuidade visual, revelando, de imediato, um decréscimo no valor deste parâmetro em estudo, o que representa uma melhoria na visão, sendo a média neste instante de $[0,2 \pm 0,1]$. Após 1 mês da cirurgia, a acuidade visual continuou a melhorar, no entanto, não houve uma diminuição tão notável como ocorreu imediatamente após a cirurgia. Deste modo, a média obtida foi, novamente, na ordem dos $[0,2 \pm 0,1]$. Por fim, após 3 meses da cirurgia, a média da acuidade visual estabeleceu-se nos $[0,1 \pm 0,1]$. Este valor representa uma boa acuidade visual. Deve-se ter em consideração que dos 40 olhos avaliados, 11 apresentam um valor de acuidade visual perfeito (zero na escala *LogMAR*), após 3 meses da cirurgia, comprovando a eficácia deste tratamento no que diz respeito a este parâmetro em estudo. Realça-se, ainda, que o valor-p obtido para estes dados, entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia, foi muito inferior a 0,01, provando que os resultados são estatisticamente significativos.

Com ajuda da tabela 3.2 do capítulo 3, obteve-se o gráfico da figura 5.3, que compara o estado da visão entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia.

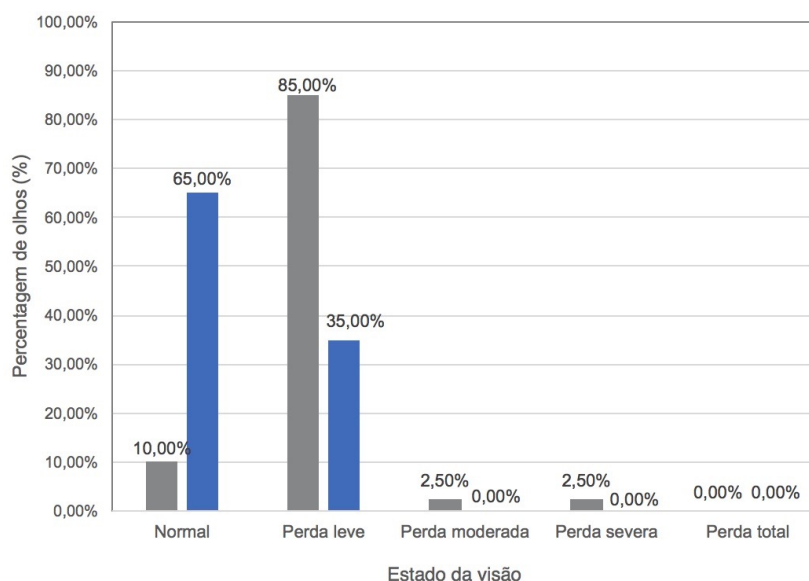


Figura 5.3: Gráfico indicador do estado de aptidão da visão de acordo com os valores de acuidade visual, para o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia, na técnica de FLACS.

A partir do gráfico da figura 5.3 é possível verificar que a maioria dos pacientes sujeitos a este estudo apresentam uma visão classificada como normal, cuja sua acuidade visual, na escala de *LogMAR*, é zero ou está muito próxima deste valor. Todos os pacientes que tinham uma perda moderada ou severa de visão melhoraram o seu estado de aptidão do olho para uma perda leve ou até mesmo para visão normal, revelando, assim, que a cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo apresenta grandes progressos na visão de um doente de catarata.

5.1.2 Na cirurgia de catarata por facoemulsificação

Como se pode observar no gráfico da figura 5.4, excetuando casos pontuais, a acuidade visual tende a melhorar ao longo do tempo após a cirurgia pela técnica manual. Realça-se, novamente, o facto de se estar a analisar este parâmetro na escala *LogMAR*.

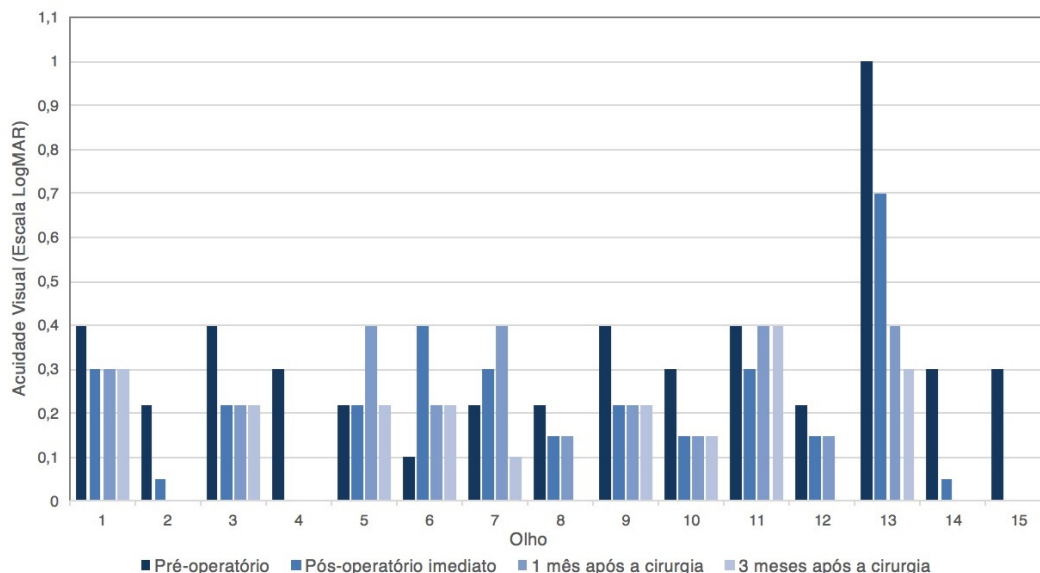


Figura 5.4: Gráfico da análise da acuidade visual em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de facoemulsificação para os 15 olhos.

Adquiriram-se os valores de acuidade visual dos pacientes sujeitos a este estudo no pré-operatório, obtendo-se uma média de $[0,3 \pm 0,1]$. Imediatamente após cirurgia, obtiveram-se, mais uma vez, os valores de acuidade visual, mostrando uma diminuição no valor desta medida, o que significa que os pacientes apresentaram melhorias na sua visão, sendo a média no pós-operatório imediato de $[0,2 \pm 0,1]$. Após 1 mês da cirurgia, a acuidade visual continuou a melhorar, no entanto de forma não tão significativa, sendo a sua média novamente cerca de $[0,2 \pm 0,1]$. Já passados 3 meses do tratamento cirúrgico, voltou-se a medir a acuidade visual, obtendo-se uma média de $[0,1 \pm 0,1]$. Para além disso, entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia, obteve-se valor- $p=0,006$, revelando que os resultados são estatisticamente significativos.

Para a técnica de facoemulsificação, também se recorreu à tabela 3.2 do capítulo 3, obtendo-se o gráfico da figura 5.5, que compara o estado da visão entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia. A partir deste gráfico pode afirmar-se que houve melhorias notórias na acuidade visual dos pacientes. Para além disso, todos os pacientes que tinham uma perda severa de visão melhoraram o seu estado de aptidão do olho, revelando a eficácia deste tratamento de catarata. Tais resultados comprovam que a catarata afeta, de facto, a acuidade visual e que o tratamento desta doença ocular melhora a capacidade do olho em reconhecer a forma e o contorno dos objetos.

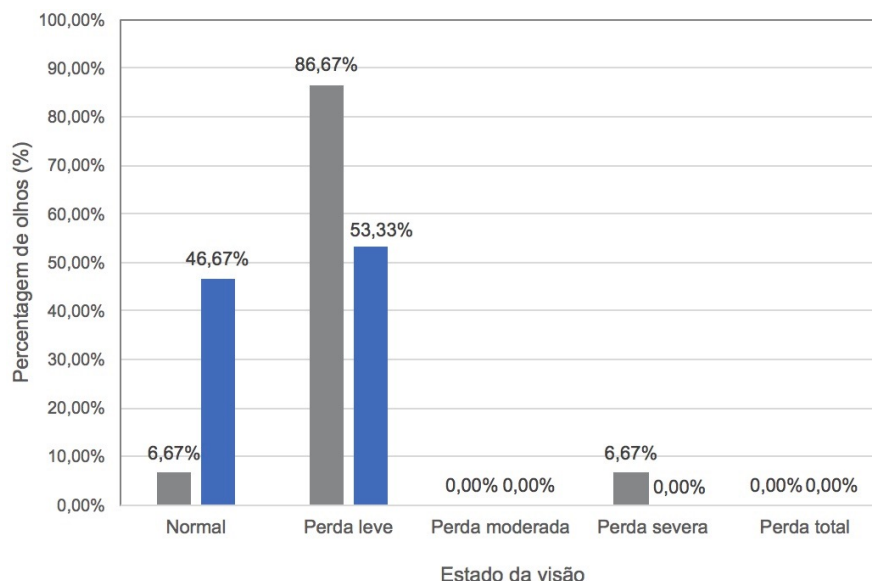


Figura 5.5: Gráfico indicador do estado de aptidão da visão de acordo com os valores de acuidade visual, para o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia, na técnica de facoemulsificação.

5.1.3 Comparação entre as duas técnicas de cirurgia

O gráfico da figura 5.6 representa a evolução da acuidade visual ao longo do tempo após a cirurgia.

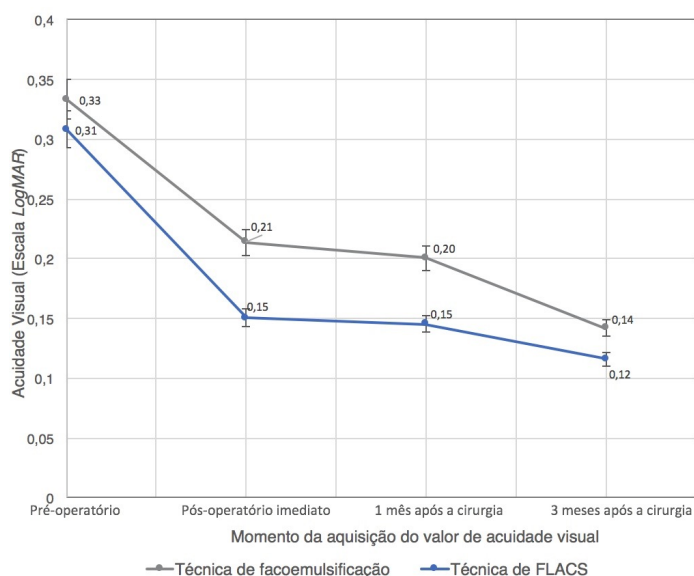


Figura 5.6: Gráfico da média da acuidade visual em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, tanto na técnica de facoemulsificação como na técnica de FLACS ($p > 0,05$).

Em ambas as técnicas cirúrgicas, houve uma melhoria da acuidade visual dos pacientes. Tal facto relaciona-se com a implementação de uma IOL artificial, que substitui o cristalino.

Como já se referiu anteriormente, quando uma pessoa sofre de catarata, o cristalino perde a sua transparência, tornando-se opaco, o que impede a passagem de raios luminosos para a retina e, por conseguinte, há uma diminuição da VA. Deste modo, a substituição do cristalino pela nova lente artificial vai melhorar a focalização das imagens na retina, o que é conducente ao aperfeiçoamento da acuidade visual, tal como se prova neste estudo.

No entanto, em certos casos não se observaram melhorias na acuidade visual. Isto pode ser explicado como resultado de algum edema na retina, que pode ocorrer algumas semanas após a cirurgia e que piora a acuidade visual, uma vez que torna a visão turva. Para além disso, uma má VA após a cirurgia de catarata pode estar relacionada com uma correção inadequada de erros de refração no pós-operatório, como por exemplo a falta de óculos, ou com uma falha em detetar certas doenças oculares pré-existentes. Também complicações cirúrgicas que ocorram aquando do tratamento de catarata podem ser associadas à perda de acuidade visual.

Para além disso, através da interpretação do gráfico acima aduzido, é possível afirmar que a técnica de FLACS apresenta resultados um pouco mais favoráveis de acuidade visual, comparativamente à técnica de facoemulsificação. A pequena diferença de valores de VA entre as duas técnicas cirúrgicas poderá estar relacionada com a etapa de remoção da cápsula do cristalino, aquando da cirurgia. Como já se referiu, na técnica de FLACS, esta etapa é realizada com laser, apresentando, por isso, uma maior precisão e reprodutibilidade, o que possibilita uma melhor centralização da IOL, que, por sua vez, representa um fator determinante nos resultados visuais finais do paciente.

Contudo, realça-se, o facto de a comparação dos valores da curvatura da córnea entre ambas as técnicas apresentarem um valor-p superior a 0,05, verificando-se que os resultados não são estatisticamente significativos.

5.2 Análise da curvatura da córnea

A alteração da curvatura corneana pode provocar danos na visão. Desta forma, é pertinente a avaliação deste parâmetro, com o intuito de perceber se ocorrem variações significativas na curvatura da córnea.

É de salientar que, nesta análise, serão estudados os valores da curvatura corneana no pré-operatório, no pós-operatório imediato e após 1 mês e 3 meses da cirurgia. Recorda-se, ainda, que estes dados foram adquiridos através da biometria ótica.

5.2.1 Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo

A análise dos dados apresentados nas figuras seguintes, figuras 5.7 e 5.8, revela que a curvatura da córnea tende a aumentar, ligeiramente, após a cirurgia de catarata.

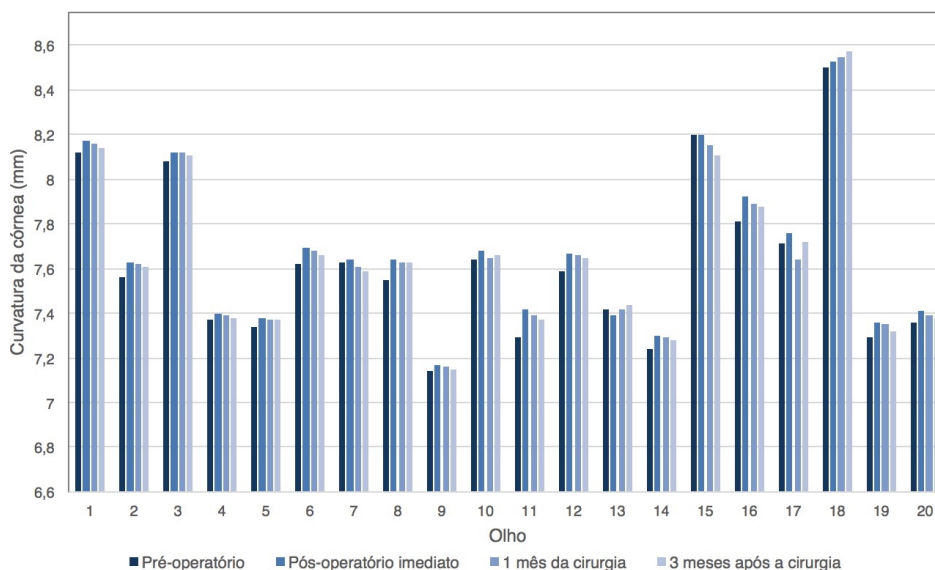


Figura 5.7: Gráfico da análise da curvatura da córnea em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS para 20 olhos.

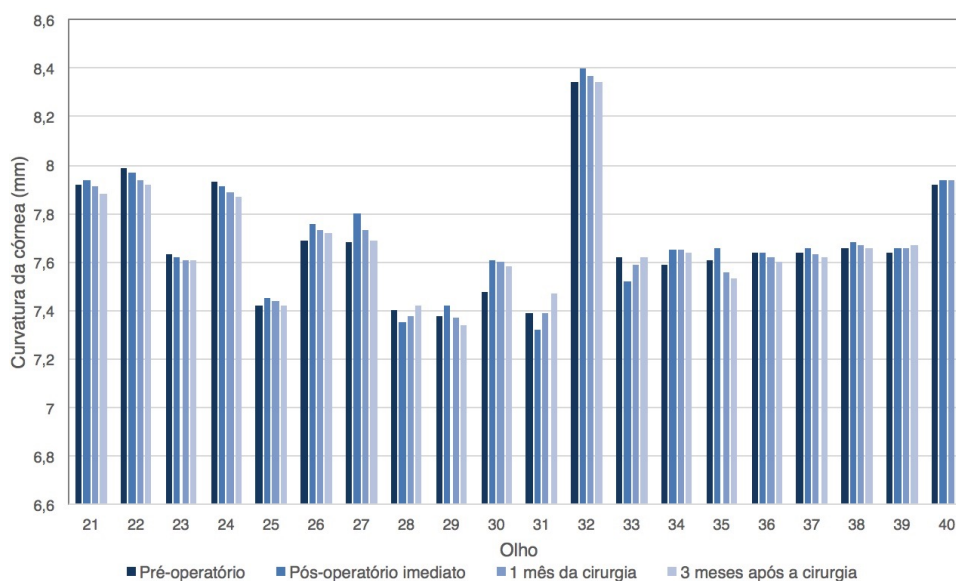


Figura 5.8: Gráfico da análise da curvatura da córnea em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS para os restantes 20 olhos.

Antes da cirurgia de catarata, a média da curvatura corneana dos olhos avaliados nesta investigação foi de $[7,65 \pm 0,30]$ mm. Logo após o tratamento, adquiriram-se, novamente, os valores da curvatura da córnea, mostrando, em geral, um ligeiro aumento neste valor, sendo a média no pós-operatório imediato de $[7,69 \pm 0,30]$ mm. Após 1 mês da cirurgia, os valores deste parâmetro em estudo apresentaram um decréscimo, cuja média neste momento de aquisição foi de $[7,67 \pm 0,29]$ mm. Já passados os 3 meses da cirurgia, os

valores da curvatura da córnea continuaram a decrescer, aproximando-se do seu valor original. A média final fixou-se nos $[7,66 \pm 0,29]$ mm. O valor-p calculado para os valores de curvatura da córnea, entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia, comprovam que os dados obtidos não são estatisticamente significativos (valor-p $\approx 0,85$).

Estes resultados revelam que não ocorrem alterações significativas na curvatura da córnea, provenientes da cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo.

No entanto, tal como já se afirmou, há um pequeno acréscimo nos valores desta medida. Este aumento representa uma córnea mais plana, e que pode causar um erro refrativo, denominado hipermetropia. Neste erro de refração, as imagens formam-se atrás da retina, o que conduz a uma visão turva e desfocada.

Para além disso, também é preciso referir que existem alguns casos em que a curvatura da córnea diminui em relação ao valor medido no pré-operatório. Estas exceções podem estar relacionadas com os diferentes tipos de IOL implantados, aquando da cirurgia de catarata, ou com o tipo de catarata, pois existem cataratas mais densas que dificultam a medição de certos parâmetros.

5.2.2 Na cirurgia de catarata por facoemulsificação

O gráfico da figura 5.9 exibe os resultados obtidos da curvatura da córnea, nos diferentes momentos de aquisição (pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia), para os 15 olhos analisados na técnica de facoemulsificação.

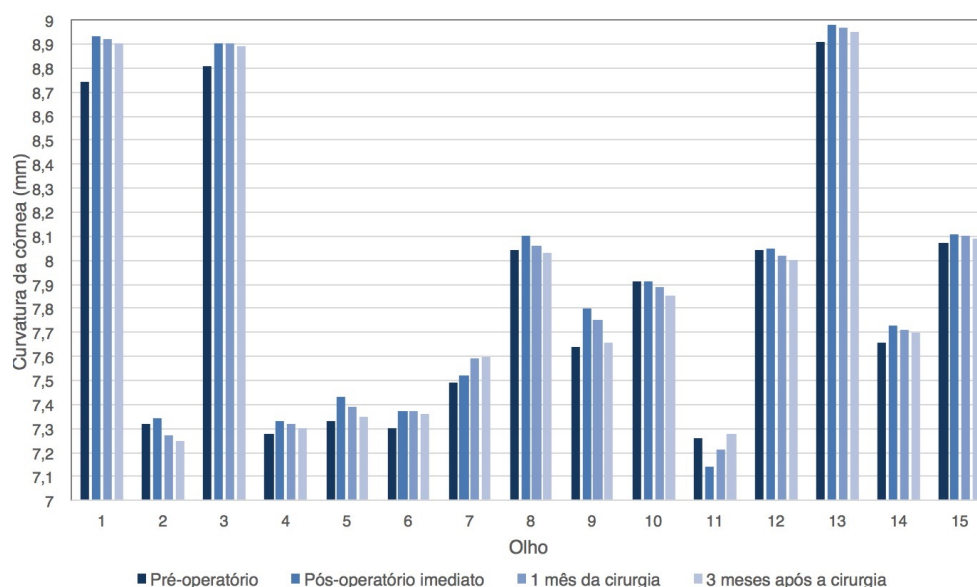


Figura 5.9: Gráfico da análise da curvatura da córnea em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de facoemulsificação.

Através da análise do gráfico acima representado, é possível constatar que a curvatura da córnea tende a aumentar após a cirurgia de catarata.

A média da curvatura corneana dos olhos avaliados no pré-operatório foi de $[7,85 \pm 0,56]$ mm. Após a cirurgia, revelou-se um aumento no valor da curvatura da córnea, sendo a média no pós-operatório imediato de $[7,91 \pm 0,59]$ mm. Passado 1 mês da cirurgia, voltaram-se a analisar os valores deste parâmetro, evidenciando-se uma ligeira diminuição, sendo a média neste momento de aquisição de $[7,90 \pm 0,59]$ mm. Por fim, após 3 meses da cirurgia, a média da curvatura da córnea estabeleceu-se nos $[7,88 \pm 0,58]$ mm. Calculou-se também o valor-p dos valores em estudo, entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia, obtendo-se valor-p $\approx 0,90$, provando que os dados não são estatisticamente significativos.

Tal como ocorreu na técnica de FLACS, estes resultados revelam que não ocorrem alterações significativas na curvatura da córnea, uma vez que os valores entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia são semelhantes, sendo perceptível que, ao longo do tempo, o valor da curvatura da córnea tende a aproximar-se do seu valor inicial.

5.2.3 Comparação entre as duas técnicas de cirurgia

O gráfico da figura 5.10 compara a média da curvatura da córnea nas duas técnicas de tratamento de catarata, em diferentes momentos entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia.

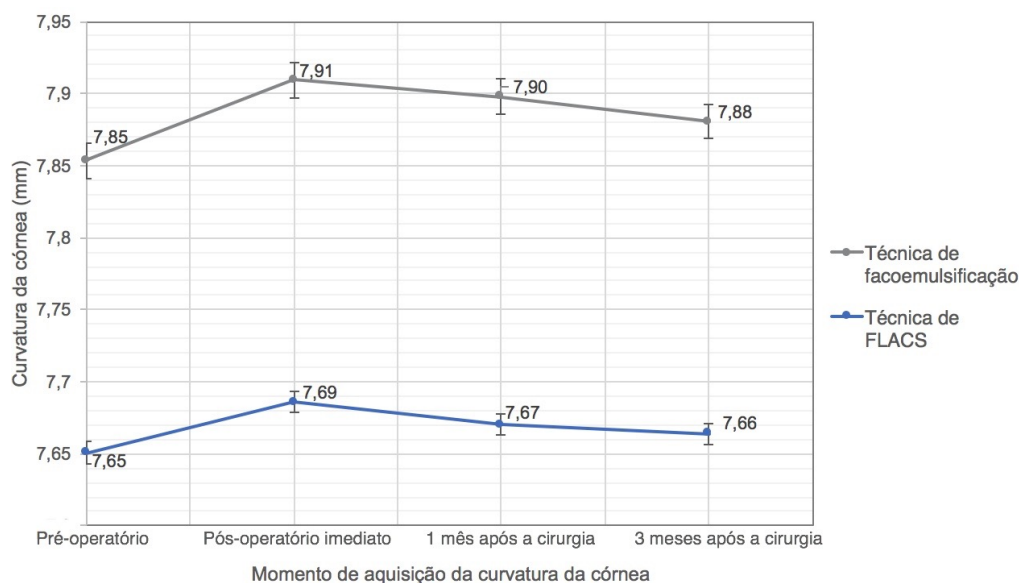


Figura 5.10: Gráfico da média da curvatura da córnea em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, tanto para a técnica de facoemulsificação como para a técnica de FLACS

Tal como se pode analisar através do gráfico acima aduzido, a curvatura corneana apresenta uma menor variação na técnica de FLACS (+0,013mm), relativamente à técnica de facoemulsificação (+0,027mm). No entanto, esta diferença de variação é irrelevante, comprovando que os dois procedimentos cirúrgicos apresentam resultados semelhantes. Em ambos os métodos de tratamento, a média deste parâmetro aumentou ligeiramente logo após a cirurgia, contudo, esta voltou a diminuir mas sem nunca voltar ao seu valor

inicial. Para além disso, é importante referir que a alteração da média da curvatura da córnea durante o estudo não foi estatisticamente significativa para nenhuma das técnicas (valor-p muito superior a 0,05), evidenciando a aleatoriedade dos resultados obtidos. Uma explicação para estas variações pouco significativas, demonstradas no gráfico da figura 5.10, são as flutuações naturais que ocorrem na curvatura da córnea.

5.3 Análise do astigmatismo corneano

O estudo dos valores do astigmatismo corneano foi feito no pré-operatório, nos pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia. Recorda-se que estes dados foram adquiridos através da biometria ótica.

5.3.1 Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo

A correção do astigmatismo durante a cirurgia de catarata varia de paciente para paciente, no entanto, este é um processo simples que pode eliminar a necessidade do paciente em usar óculos.

Os gráficos das figuras 5.11 e 5.12 representam a evolução ou regressão deste parâmetro, após a cirurgia de catarata.

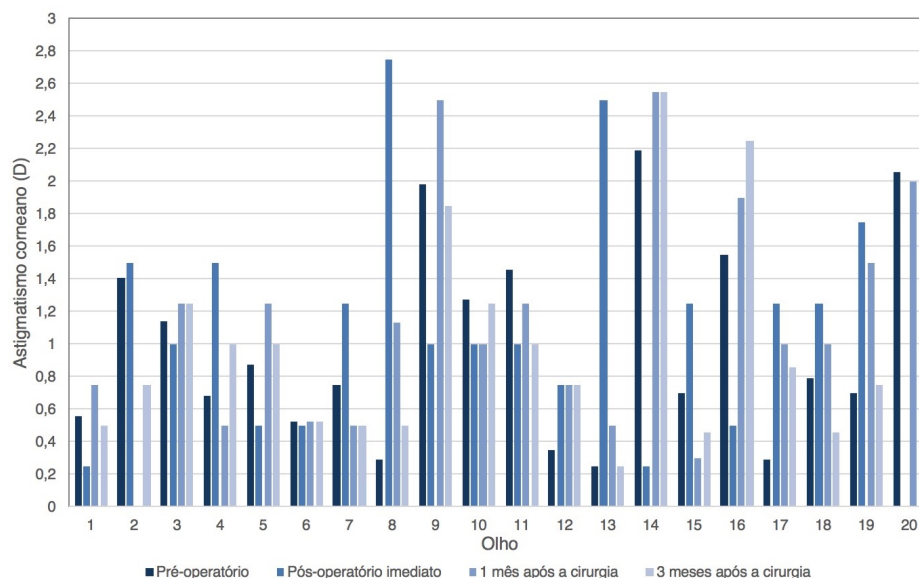


Figura 5.11: Gráfico da análise do astigmatismo corneano em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS para 20 pacientes.

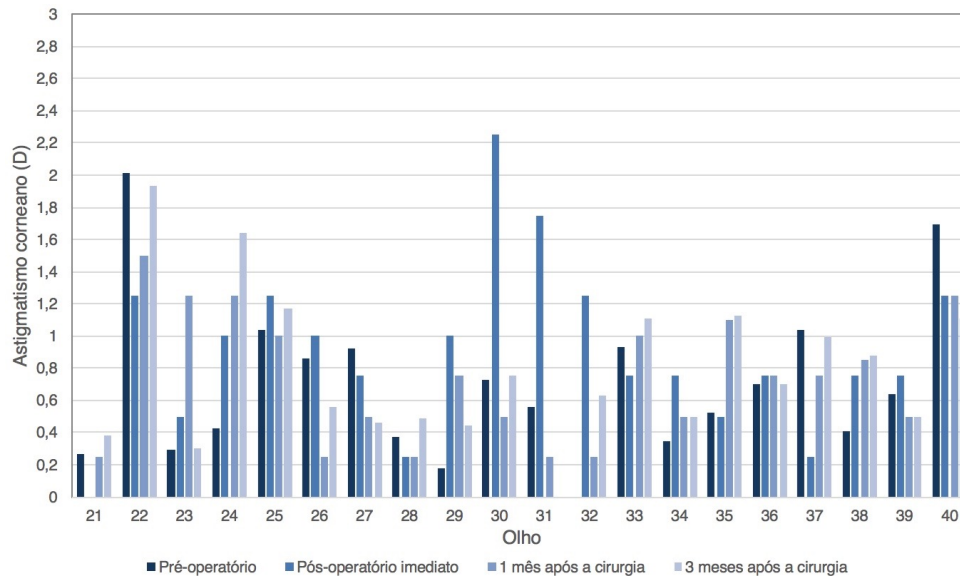


Figura 5.12: Gráfico da análise do astigmatismo corneano em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS para os restantes 20 pacientes.

De acordo com os valores estatísticos deste parâmetro em estudo, no pré-operatório, a média do astigmatismo foi de $[0,84 \pm 0,56]$ D. Logo após a cirurgia, obtiveram-se, novamente, os valores do astigmatismo, evidenciando, em geral, um aumento no seu valor, sendo a sua média de $[1,01 \pm 0,59]$ D. Passado 1 mês da cirurgia, os valores obtidos do astigmatismo corneano revelaram melhores resultados. A média desta medida neste momento de aquisição foi de $[0,92 \pm 0,59]$ D. Por fim, após 3 meses da cirurgia, a média do astigmatismo estabeleceu-se nos $[0,90 \pm 0,56]$ D. Com estes resultados, conclui-se que o astigmatismo aumentou entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia. Também se analisou o valor-p, obtendo-se um valor superior a 0,05, evidenciando-se, assim, que os resultados não são estatisticamente significativos.

Estes resultados não estão de acordo com o previsto, uma vez que, aliando os dados provenientes da topografia corneana, no pré-operatório, com o cálculo da lente intraocular, era expectável que o astigmatismo corneano fosse tratado ou reduzido aquando da cirurgia de catarata. Este aumento pode estar relacionado com o cálculo incorreto da potência de refração das lentes intraoculares ou com o tipo de incisão. Também o facto de não se ter tido em consideração doenças oculares pré-existentes nem a densidade das cataratas dos pacientes avaliados pode ser uma justificação para o divergência destes resultados, dado que, quanto maior é a densidade da catarata, maior será a dificuldade em medir certos parâmetros oculares, nomeadamente a profundidade da câmara anterior. De facto, a medição da profundidade da câmara anterior relaciona-se diretamente com a posição efetiva da lente e, portanto, tem um papel fundamental na precisão dos cálculos da IOL.

5.3.2 Na cirurgia de catarata por facoemulsificação

O gráfico da figura 5.13 exibe as diferenças dos resultados obtidos do astigmatismo nos diferentes momentos de aquisição, para os 15 olhos analisados.

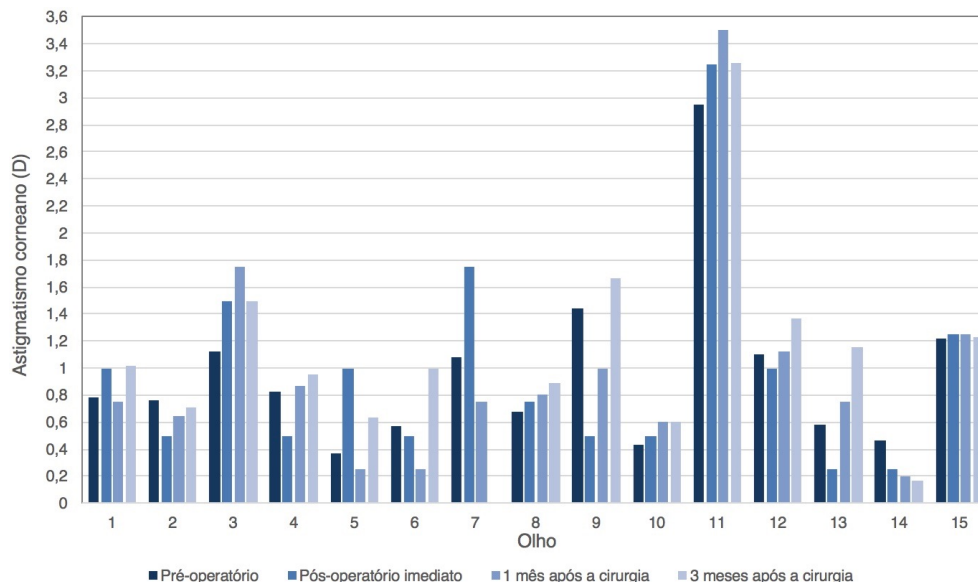


Figura 5.13: Gráfico da análise do astigmatismo corneano em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de facoemulsificação.

De acordo com os valores estatísticos do astigmatismo corneano, no pré-operatório a média deste parâmetro em estudo foi de $[0,96 \pm 0,61]$ D. Obtiveram-se, novamente, os valores do astigmatismo logo após a cirurgia, manifestando-se um ligeiro aumento no seu valor, sendo a média neste momento de aquisição de $[0,97 \pm 0,75]$ D. Passado 1 mês do tratamento da catarata, a média desta medida manteve-se igual, ou seja, $[0,97 \pm 0,78]$ D. Por fim, após 3 meses da cirurgia, a média do astigmatismo aumentou consideravelmente, fixando-se nos $[1,08 \pm 0,73]$ D. Também na técnica de facoemulsificação analisou-se o valor-p, cujo valor obtido foi superior a 0,05, evidenciando-se, novamente, que os resultados não são estatisticamente significativos.

Mais uma vez, os resultados não foram os esperados. As razões para estes valores obtidos relacionam-se com as justificações já mencionadas na técnica de FLACS. Para além disso, como o aumento do astigmatismo nos 3 meses após a cirurgia é tão significativo e imprevisível, pode estar-se perante alguns casos com complicações pós-cirúrgicas que não foram detetadas.

5.3.3 Comparação entre as duas técnicas de cirurgia

Para finalizar esta análise, compararam-se as médias dos valores obtidos do astigmatismo, tal como exibido no gráfico da figura 5.14, com o intuito de perceber qual a técnica que oferece melhores resultados aos pacientes.

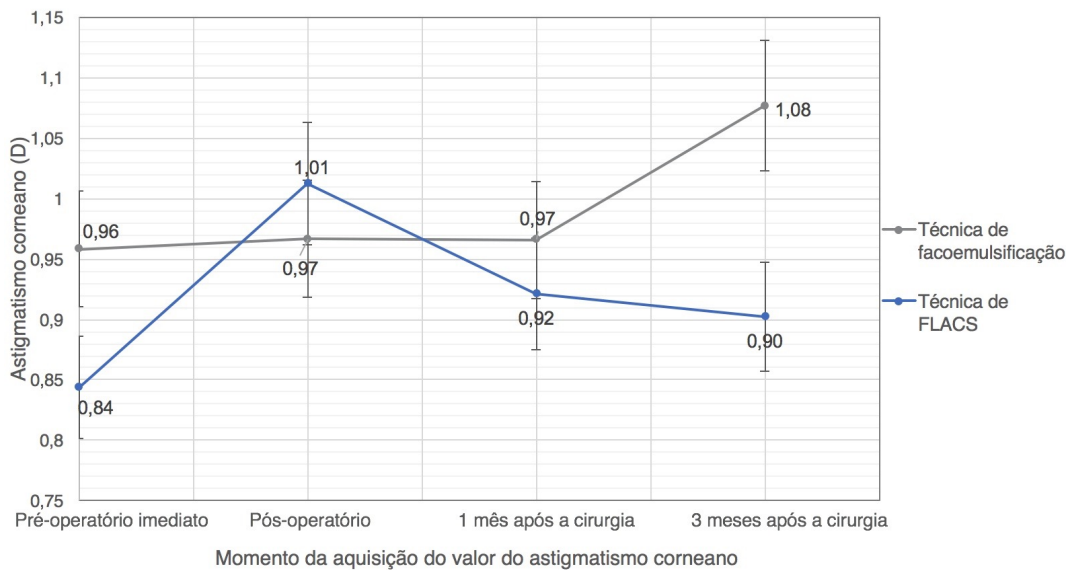


Figura 5.14: Gráfico da média do astigmatismo corneano em função do tempo - pré-operatório, pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia -, tanto para a técnica de facoemulsificação como para a técnica de FLACS ($p = 0,08$).

Com recurso ao gráfico acima representado, é possível constatar que a técnica de facoemulsificação apresenta um maior acréscimo no valor de astigmatismo corneano. Enquanto na técnica de laser de femtosegundo há um crescimento na ordem dos 7% (+0,059D), na técnica manual o valor do astigmatismo aumenta, em média, 12,4% (0,119D). Também se verifica que a diferença entre os resultados nas duas técnicas não é estatisticamente significativa, uma vez que o valor- p é superior a 0,05. Volta-se a enfatizar que os resultados não estão em conformidade com a literatura, uma vez que seria expectável a diminuição do astigmatismo corneano. No entanto, conclui-se que a técnica de laser de femtosegundo apresenta ser mais eficaz para os pacientes, oferecendo melhores resultados no pós-operatório, relativamente à técnica manual.

5.4 Análise da espessura central da córnea

Salienta-se que, nesta análise, serão estudados os valores da CCT no pré-operatório e após 3 meses da cirurgia. Os dados deste parâmetro foram adquiridos através do *Pentacam*.

5.4.1 Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo

Tal como já se afirmou, todas as técnicas de extração de catarata, mesmo as técnicas microcirúrgicas, envolvem manipulação da córnea e danos nas células endoteliais, provocando alterações na espessura central da córnea. Tais alterações encontram-se exibidas nos gráficos das figuras 5.15 e 5.16.

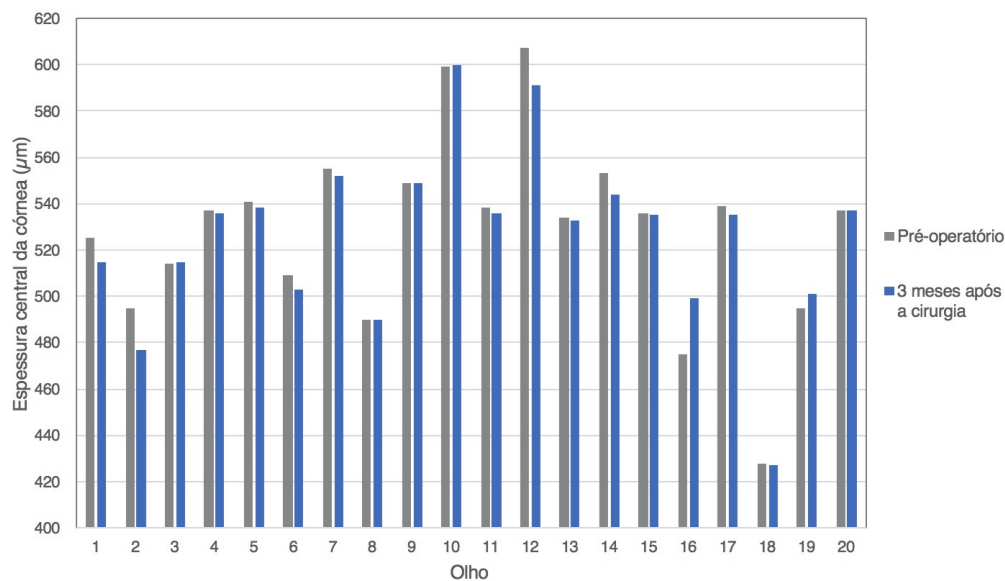


Figura 5.15: Gráfico da análise da espessura central da córnea em função do tempo - pré-operatório e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS para 20 pacientes.

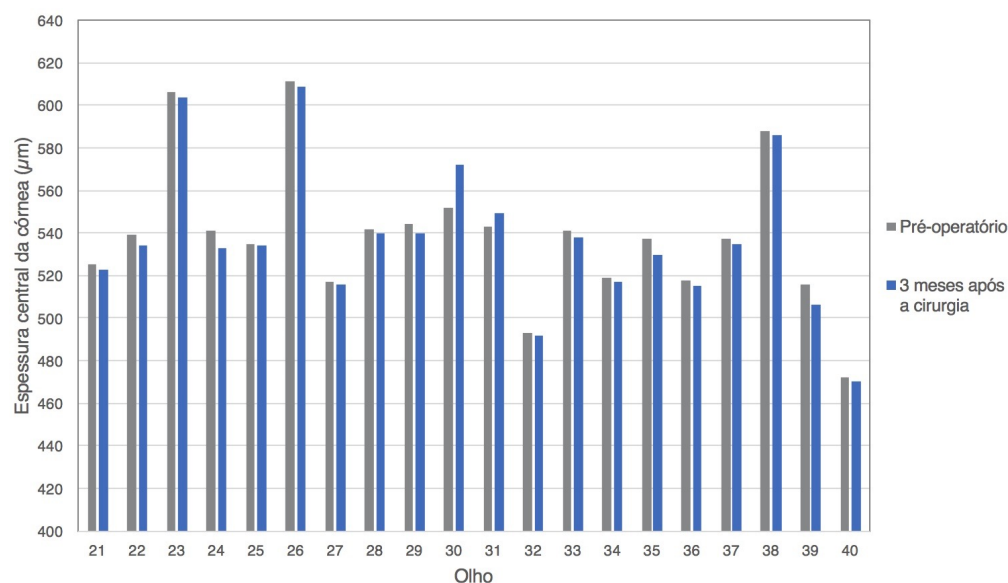


Figura 5.16: Gráfico da análise da espessura central da córnea em função do tempo - pré-operatório e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS para os restantes 20 pacientes.

Relativamente aos valores estatísticos desta análise, no pré-operatório, a média deste parâmetro em estudo foi de $[533 \pm 36] \mu\text{m}$. Já após 3 meses da cirurgia a média decresceu para $[531 \pm 36] \mu\text{m}$, revelando uma diminuição de $1,9 \mu\text{m}$ (0,36%), o que demonstra ser um decréscimo insignificativo. Neste sentido, este estudo mostra que a CCT permanece com valores próximos dos registados no pré-operatório, comprovando a eficácia desta técnica cirúrgica de tratamento de catarata.

A partir dos gráficos e dos valores estatísticos anteriormente referidos, é possível concluir que, após 3 meses da intervenção cirúrgica, os resultados obtidos neste estudo de dissertação apontam para uma diminuição, pouco significativa, da espessura corneana.

No entanto, existem algumas exceções, onde ocorre o aumento da espessura da córnea. Estas podem ser justificadas pelo facto de haver a possibilidade de ocorrer um edema corneano após a cirurgia. Como já foi mencionado no capítulo 2, o endotélio corneano é responsável por manter a transparência da córnea e a sua espessura normal. Para além disso, também se sabe que alterações a nível da CCT provocam perda de células endoteliais. Logo, quando a densidade destas células diminui significativamente, um edema corneano pode desenvolver-se, aumentando a espessura central da córnea.

No caso da espessura central da córnea é pertinente perceber a dependência da variação deste parâmetro, entre o pré-operatório e após a cirurgia, com o tamanho da incisão, uma vez que se deve tentar minimizar os danos provocados na córnea. Assim, o gráfico da figura 5.17 representa a relação entre estes dois parâmetros.

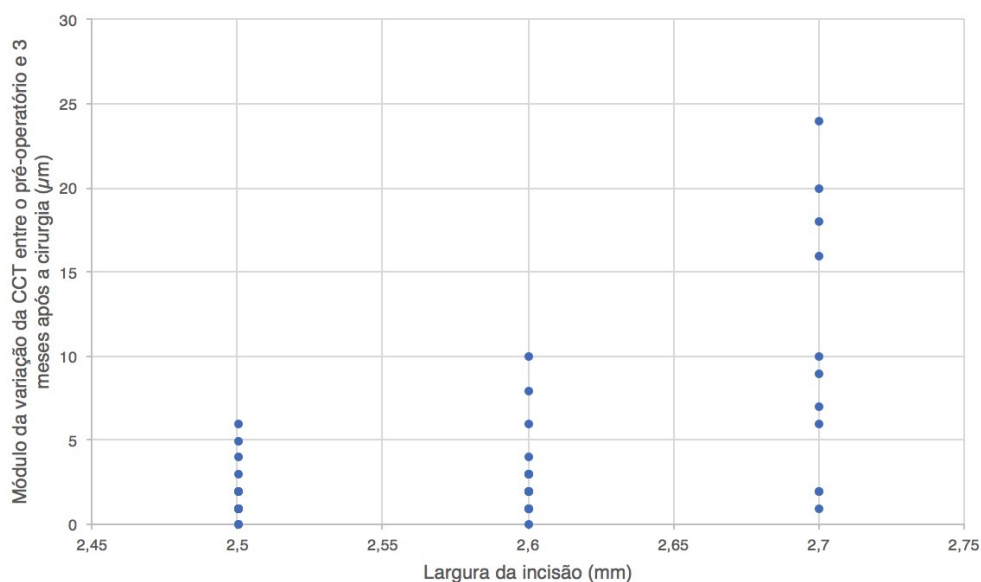


Figura 5.17: Gráfico da relação entre o módulo da variação da espessura central da córnea e a largura da incisão na técnica de FLACS.

Como se pode observar, estas duas medidas relacionam-se linearmente, com $R = 0,57$ ($p < 0,001$), embora esta correlação não seja muito satisfatória. É de realçar que se está a analisar esta variação em módulo, uma vez que a relação entre o tamanho da incisão e o aumento ou diminuição da espessura da córnea expressou um comportamento completamente aleatório (neste caso, $R \approx -0,07$).

Tais resultados eram os expectáveis, uma vez que acredita-se que a largura da incisão influencia as alterações que ocorrem na espessura da córnea. Afirma-se mesmo que quanto maior é o tamanho da incisão, maiores serão as variações na espessura desta estrutura do globo ocular.

Deste modo, torna-se essencial tentar minimizar as alterações ocorridas na espessura da

córnea, aquando da cirurgia de catarata, começando por diminuir ao máximo o tamanho da incisão.

5.4.2 Na cirurgia de catarata por facoemulsificação

O gráfico da figura 5.18 exibe as diferenças dos resultados obtidos da CCT nos diferentes momentos de aquisição (pré-operatório e 3 meses após a cirurgia), para os 15 olhos analisados.

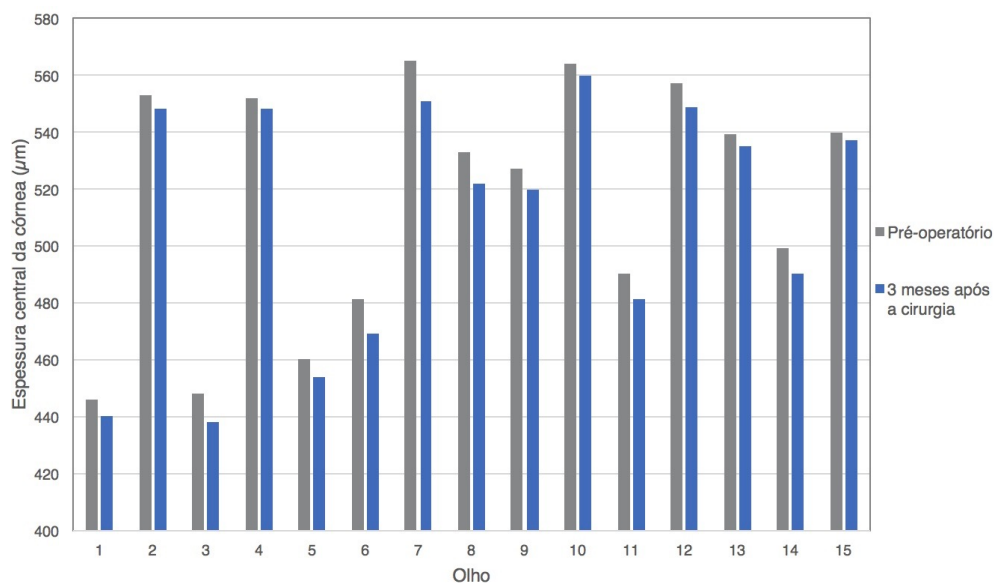


Figura 5.18: Gráfico da análise da espessura central da córnea em função do tempo - pré-operatório e 3 meses após a cirurgia-, na técnica de facoemulsificação.

Após 3 meses da cirurgia, a espessura central da córnea diminuiu em todos os pacientes, sendo a média desta diminuição de, aproximadamente, $7\mu\text{m}$ (1,35%). A média da CCT no pré-operatório foi de $[517 \pm 41] \mu\text{m}$, reduzindo-se para $[510 \pm 42] \mu\text{m}$ após 3 meses da cirurgia.

Este decréscimo já é mais significativo e pode acarretar alguns problemas, visto que uma diminuição do valor da espessura da córnea provoca um achatamento desta estrutura, podendo incitar o aparecimento de doenças oculares, como o glaucoma. Para além disso, a CCT influencia os valores da pressão intraocular, de tal modo que, numa córnea mais fina, os valores da verdadeira IOP poderão ser subestimados, o que, consequentemente, dificulta a classificação e o tratamento do glaucoma, uma vez que esta doença está relacionada com o aumento da pressão intraocular. Esta dificuldade pode provocar graves danos na vista do paciente, visto que, o glaucoma causa lesões no nervo ótico, ocorrendo perda da visão. Deste modo, deve-se ter em consideração os valores da espessura central da córnea antes e após a cirurgia, com o intuito não só de otimizar os resultados refrativos do paciente, como também de prevenir o aparecimento de certas doenças oculares.

Também na técnica de facoemulsificação é relevante estudar a relação entre a variação da espessura corneana, entre o pré-operatório e após 3 meses da cirurgia, com o tamanho da incisão. Assim, o gráfico da figura 5.19 representa o comportamento destes dois parâmetros.

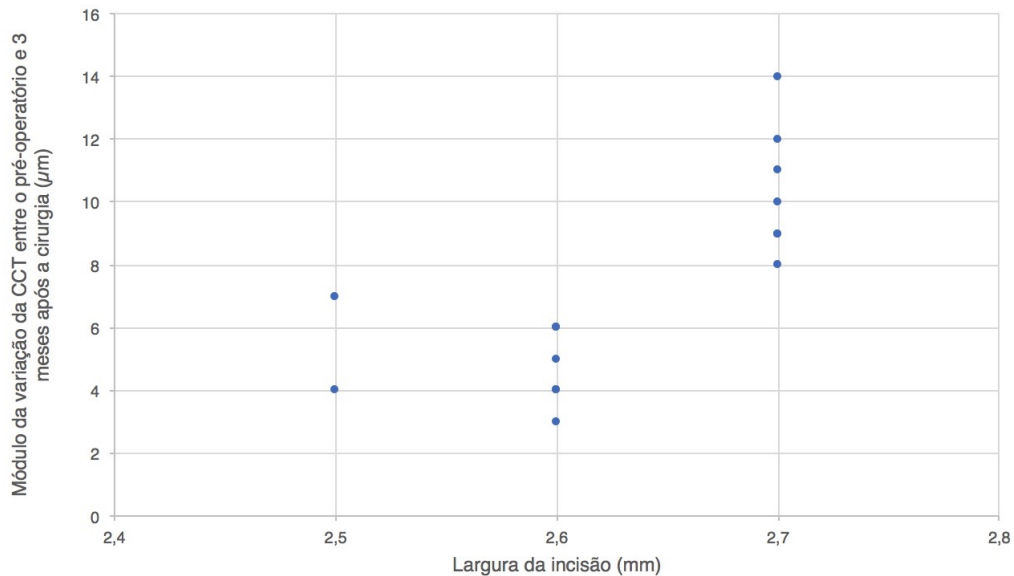


Figura 5.19: Gráfico da relação entre o módulo da variação da espessura central da córnea e a largura da incisão na técnica de facoemulsificação.

O gráfico acima aduzido demonstra que estas duas medidas relacionam-se linearmente, sendo $R = 0,735$ e os resultados estatisticamente significativos ($p < 0,001$).

Ao contrário do que aconteceu na técnica de FLACS, na facoemulsificação todos os olhos apresentaram uma diminuição da espessura da córnea.

Estes resultados estão de acordo com a literatura, uma vez que, tal como já se afirmou, o tamanho da incisão vai influenciar as variações na espessura da córnea, na medida em que uma maior largura da incisão, tende a provocar maiores variações na espessura deste componente ocular.

5.4.3 Comparação entre as duas técnicas de cirurgia

Na avaliação das alterações na espessura central da córnea, comparou-se, ainda, a média deste parâmetro nas duas técnicas de cirurgia, tal como exibido no gráfico da figura 5.20, com o intuito de perceber qual a técnica menos invasiva para o paciente.

Com recurso ao gráfico obtido, é possível concluir que a técnica de facoemulsificação provoca uma maior alteração na espessura da córnea. O tempo requerido para a facoemulsificação, bem como a energia de ultrassons aplicada são os principais fatores para que haja uma maior alteração da espessura corneana nesta técnica. Já na técnica de FLACS esta alteração é insignificativa, uma vez que a OCT (tecnologia de imagem integrada no

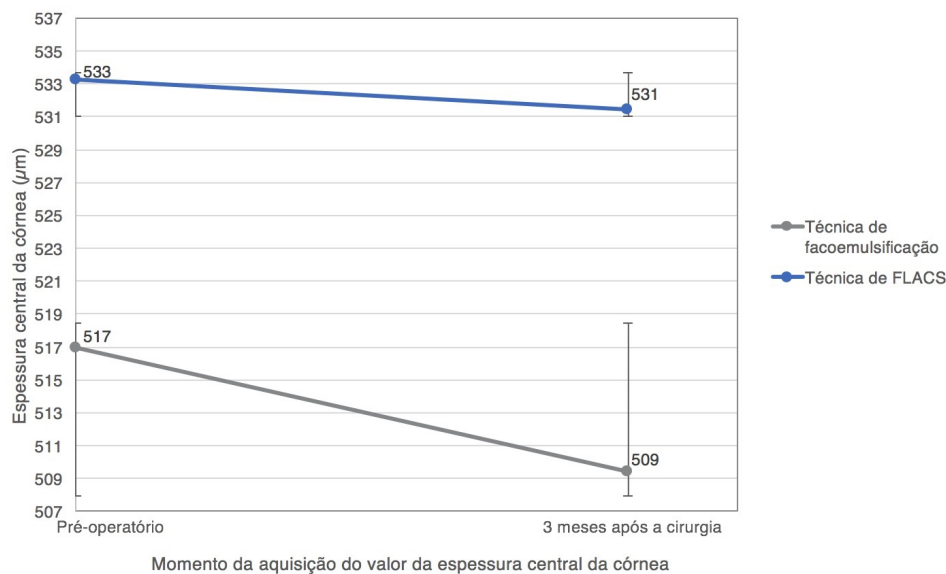


Figura 5.20: Gráfico da média da espessura central da córnea em função do tempo - pré-operatório e 3 meses após a cirurgia -, tanto na técnica de facoemulsificação como na técnica de FLACS (valor- $p \approx 0,038$).

equipamento da técnica de FLACS) permite ao cirurgião calcular a energia exata que é necessária para implantar a lente intraocular. Deste modo, a potência de ultrassons aplicada é menor, comparativamente à técnica manual, favorecendo os resultados dos pacientes, nomeadamente, no que diz respeito à espessura central da córnea. Salienta-se, também, que o valor- p é inferior a 0,05, evidenciando que os dados obtidos são estatisticamente significativos e que a diferença entre os dois tipos de cirurgia de catarata não é devida ao acaso.

Portanto, pode afirmar-se que a técnica de laser de femtosegundo apresenta ser mais segura e menos invasiva para o paciente, relativamente à técnica manual, uma vez que este procedimento cirúrgico provoca menos danos na espessura central da córnea e, desta forma, otimiza os resultados refrativos da cirurgia de catarata.

5.5 Análise do astigmatismo induzido pela cirurgia

Tal como já se referiu, a análise do SIA será feita para o pós-operatório imediato e após 1 mês e 3 meses da cirurgia. Os dados necessários para o cálculo deste parâmetro foram adquiridos através da biometria ótica.

5.5.1 Na cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo

Após se terem submetido os dados da ceratometria, provenientes da biometria ótica, às funções do *Matlab*, obtiveram-se os valores do SIA, que se podem observar nos gráficos das figuras 5.21 e 5.22.

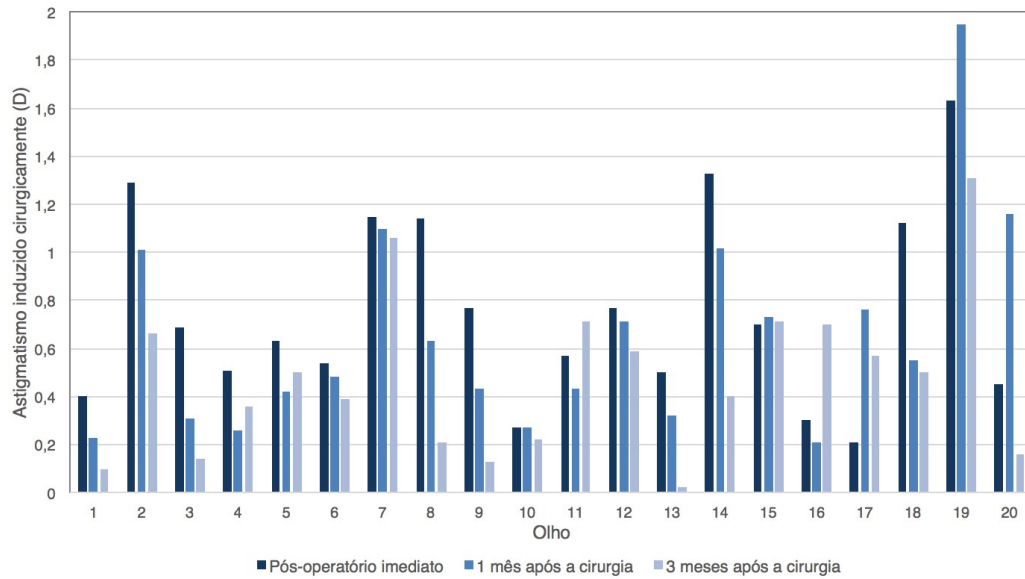


Figura 5.21: Gráfico do astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata em função do tempo - pós-operatório imediato, 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS nos diferentes olhos analisados, medido em dioptrias, D.

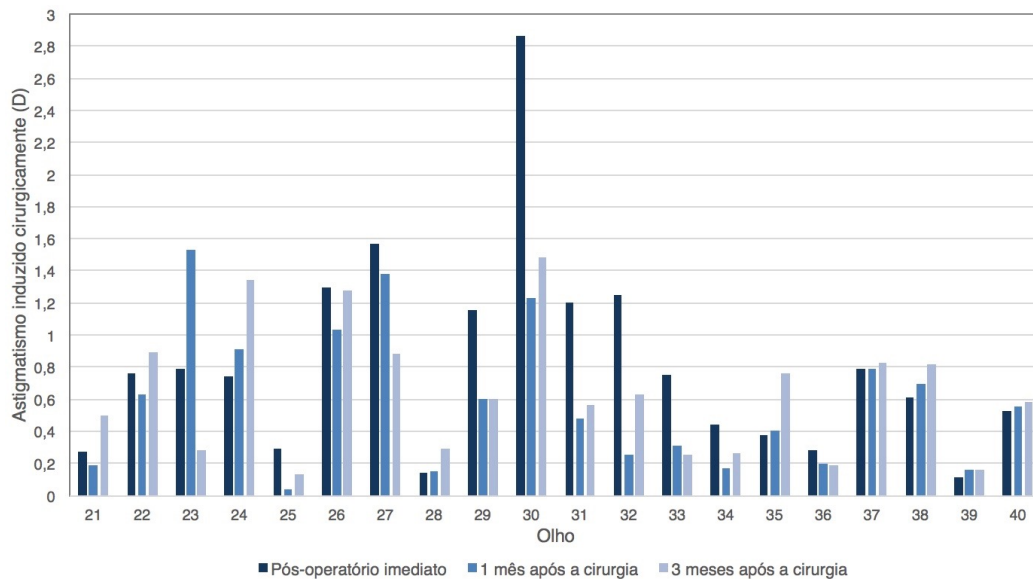


Figura 5.22: Continuação do gráfico do astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata em função do tempo - pós-operatório imediato, 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de FLACS, medido em dioptrias, D.

A partir dos gráficos, pode afirmar-se que o astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata tende a decrescer com o tempo, após o tratamento cirúrgico.

No pós-operatório imediato, a média do SIA é $[0,78 \pm 0,52]$ D. Já após um mês da cirurgia, o valor do SIA tende a diminuir, sendo a sua média $[0,62 \pm 0,43]$ D. Por fim, após 3 meses da cirurgia de catarata, a média do SIA estabeleceu-se nos $[0,55 \pm 0,37]$ D.

O decréscimo do SIA está associado a vários fatores, tais como a estabilização do formato da córnea e a recuperação da ferida que se fez aquando da incisão. No entanto, existem algumas exceções, confirmando que em certos casos ocorre o aumento do astigmatismo induzido pela cirurgia. Estas exceções poderão dever-se à IOP, uma vez que o SIA está relacionado com o aumento ou diminuição da pressão intraocular, já que ocorrem variações na pressão após a cirurgia de catarata que, consequentemente, alteram o SIA. Estas variações podem ter origem nas alterações provocadas pela cirurgia que ocorrem ao nível da córnea.

É, ainda, relevante compreender a relação existente entre o astigmatismo induzido e a largura da incisão. O gráfico representado na figura 5.23 e a tabela 5.1 mostram os valores dessa dependência.

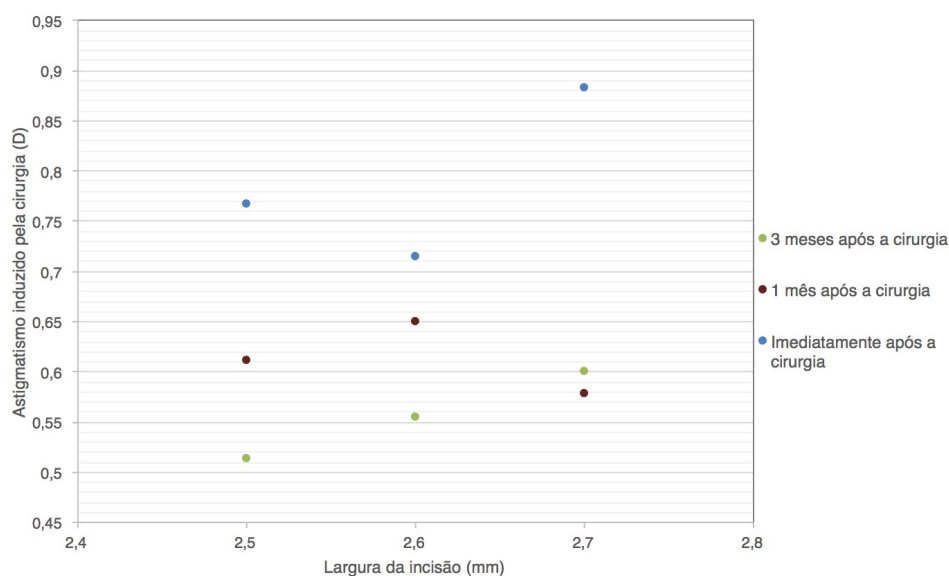


Figura 5.23: Gráfico da relação entre o astigmatismo induzido pela cirurgia e a largura da incisão, para o pós-operatório imediato, 1 mês após a cirurgia e 3 meses após a cirurgia, na técnica de FLACS.

Tabela 5.1: Valores estatísticos do astigmatismo induzido pela cirurgia, referentes aos 40 pacientes sujeitos à técnica de FLACS.

	Astigmatismo induzido pela cirurgia				
	Média	Desvio Padrão	R^2	R	Valor-p
Pós-operatório imediato	0,78	0,52	0,452	0,672	<0,001
1 mês após a cirurgia	0,62	0,43	0,207	-0,455	<0,001
3 meses após a cirurgia	0,55	0,37	0,9996	0,9998	<0,001

Face aos valores estatísticos apresentados na tabela anteriormente aduzida, comprova-se que o SIA e a largura da incisão estão linearmente relacionados, tanto no pós-operatório imediato como 3 meses após a cirurgia. Esta constatação baseia-se na observação do gráfico da figura 5.23 e nos valores do coeficiente de correlação de *Pearson* (R), que são superiores

a 0,5. Para além disso, o valor-p é inferior a 0,05 para todos os momentos após a incisão, comprovando que a correlação entre estes dois parâmetros é estatisticamente significativa.

Tais resultados estão de acordo com a literatura, visto que, como já se tinha mencionado, o tamanho da incisão influencia o astigmatismo induzido pela cirurgia. Quanto maior for a incisão, maior será o valor de astigmatismo induzido, uma vez que maiores serão as alterações provocadas na córnea.

5.5.2 Na cirurgia de catarata por facoemulsificação

O gráfico da figura 5.24 representa o SIA nos diferentes momentos de aquisição (pós-operatório imediato e 1 e 3 meses após a cirurgia), para os 15 olhos analisados.

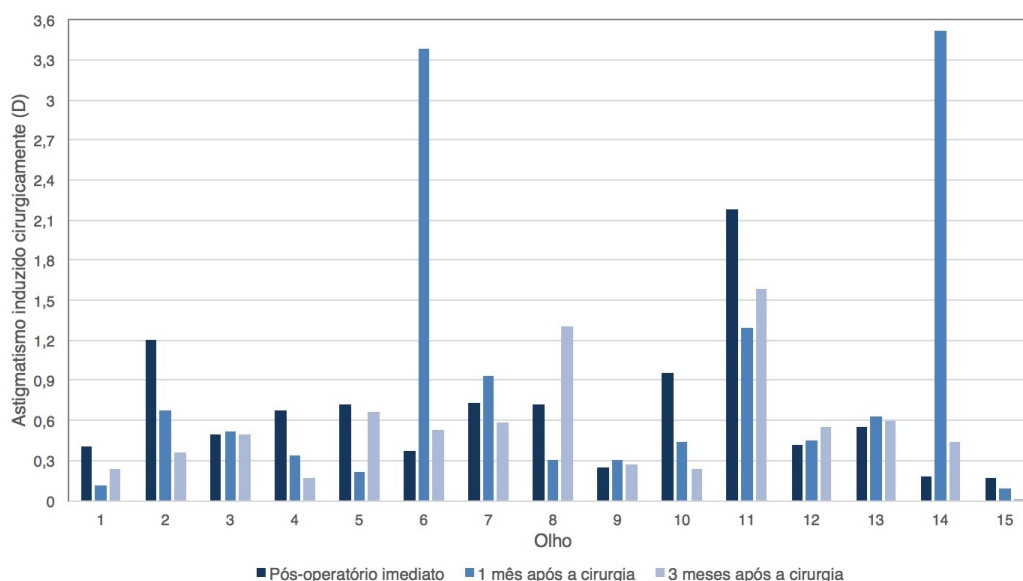


Figura 5.24: Gráfico do astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata em função do tempo - pós-operatório imediato, 1 e 3 meses após a cirurgia -, na técnica de facoemulsificação, medido em dioptrias, D.

Como se pode concluir através do gráfico acima representado, embora com algumas exceções, o astigmatismo induzido diminui ao longo do tempo, tendo o um maior valor no pós-operatório imediato e um menor valor após 3 meses da cirurgia. No entanto, após 1 mês da cirurgia, os olhos 11 e 12 apresentam valores de SIA que se destacam notoriamente dos restantes. Tais valores anormais devem resultar de erros humanos, aquando do exame de biometria ótica, uma vez que estes voltam a baixar consideravelmente após os 3 meses da cirurgia.

Também na técnica manual, estudou-se a relação entre o SIA e a largura da incisão bem como os seus valores estatísticos, que se encontram representados no gráfico da figura 5.25 e na tabela 5.2, respetivamente.

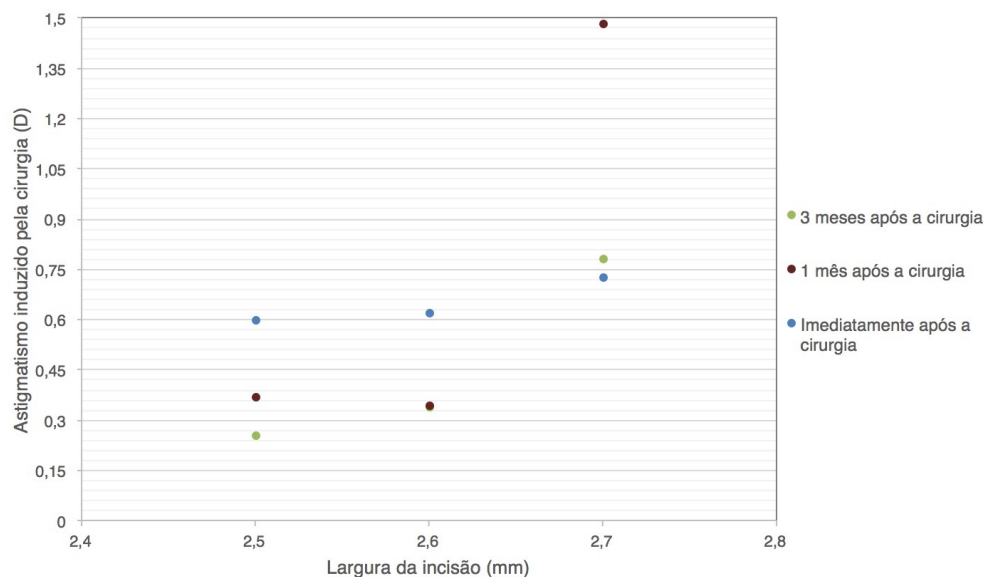


Figura 5.25: Gráfico da relação entre o astigmatismo induzido pela cirurgia e a largura da incisão, para o pós-operatório imediato, 1 mês após a cirurgia e 3 meses após a cirurgia, na técnica de facoemulsificação.

Tabela 5.2: Valores estatísticos do astigmatismo induzido pela cirurgia, referente aos 15 pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação.

	Astigmatismo induzido pela cirurgia				
	Média	Desvio Padrão	R^2	R	Valor-p
Pós-operatório imediato	0,67	0,49	0,8556	0,9250	<0,01
1 mês após a cirurgia	0,88	1,05	0,7309	0,8550	<0,01
3 meses após a cirurgia	0,53	0,40	0,8674	0,9314	<0,01

De acordo com os valores estatísticos apresentados na tabela acima exibida, pode afirmar-se que o SIA e a largura da incisão estão linearmente relacionados, tanto nos pós-operatório imediato, como após 1 e 3 meses da cirurgia ($R > 0,5$). Para além disso, é possível observar que todos os dados obtidos são estatisticamente significativos (valor-p inferior a 0,05).

É ainda relevante referir que, após um mês da cirurgia, seria expectável que o valor da média do SIA diminuísse, no entanto, isso não ocorre neste estudo. Tal facto deve-se aos dois valores elevadíssimos do astigmatismo induzido cirurgicamente que se referiram anteriormente, e que alteram significativamente os resultados estatísticos.

Posto isto, pode concluir-se, mais uma vez, que os resultados são os esperados, visto que, como já se tinha mencionado, o astigmatismo induzido pela cirurgia depende do tamanho da incisão, sendo maior quanto maior for a largura desta.

5.5.3 Comparação entre as duas técnicas de cirurgia

Devido às diferenças entre as duas técnicas cirúrgicas, principalmente na fase de incisão na córnea, procedeu-se à comparação do astigmatismo induzido por cada método de tratamento. Essa comparação encontra-se representada no gráfico da figura 5.26.

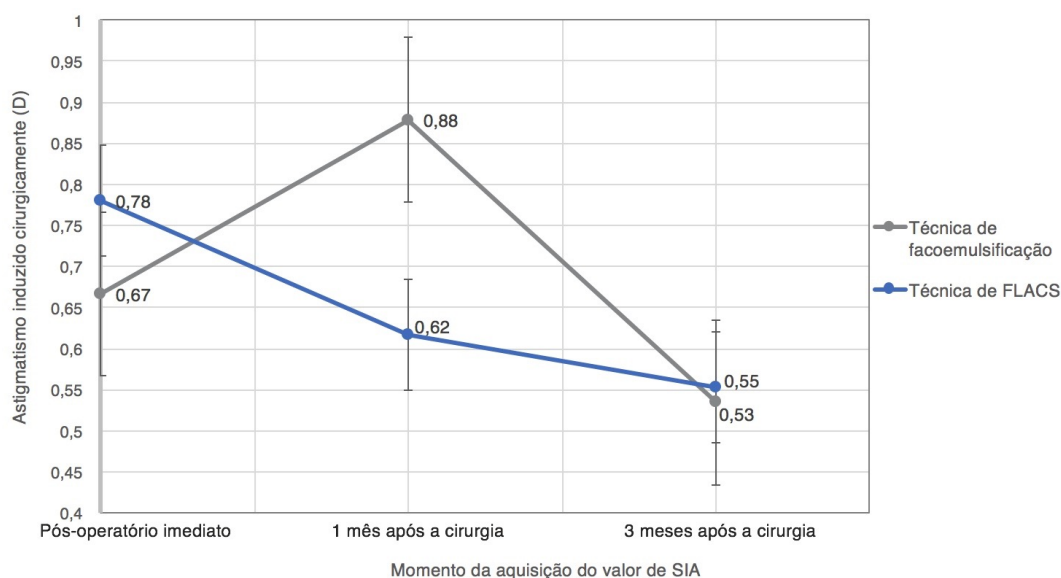


Figura 5.26: Gráfico da média do SIA em função do tempo - pós-operatório imediato, 1 mês e 3 meses após a cirurgia -, tanto na técnica de facoemulsificação como na técnica de FLACS (valor- $p > 0,05$).

Tal como se pode analisar através do gráfico, com exceção dos dados obtidos após 1 mês da cirurgia, o astigmatismo induzido pela cirurgia apresenta resultados semelhantes em ambas as técnicas. Tais resultados não seriam os esperados, uma vez que, na facoemulsificação a incisão na córnea é realizada manualmente, enquanto na técnica de cirurgia assistida por laser de femtosegundo esta incisão é efetuada automaticamente, o que fazia prever uma redução mais significativa do valor de astigmatismo induzido pelo procedimento de FLACS.

No entanto, deve-se ter em consideração que o SIA depende de diversos aspetos, o que dificulta a comparação entre estas duas técnicas de cirurgia, já que é de todo impossível controlar todos esses aspetos, havendo sempre diferenças de olho para olho. Alguns dos fatores que influenciam o valor do astigmatismo induzido pela cirurgia são o local e a arquitetura da incisão, a espessura corneana e o raio de curvatura da córnea.

5.6 Análise da relação entre a distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano e o SIA

A análise da relação entre a distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano e o astigmatismo induzido pela cirurgia será efetuada para ambas as técnicas cirúrgicas.

Salienta-se o facto de se ter obtido apenas 30 valores da distância em causa para a técnica de FLACS e 8 para a técnica manual, devido à dificuldade em medir o seu valor, pois, como já se mencionou, esta medida é obtida manualmente, recorrendo apenas às imagens provenientes da tomografia de coerência ótica.

A relação entre a distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano e o valor do SIA, após 3 meses da cirurgia, bem como os seus valores estatísticos encontram-se representados no gráfico da figura 5.27 e na tabela 5.3, respetivamente.

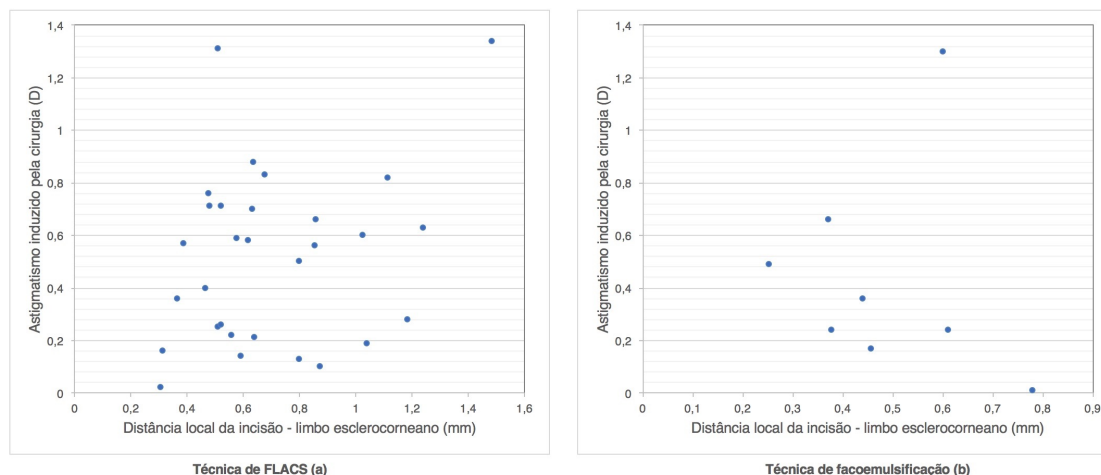


Figura 5.27: Gráfico da relação entre a distância do local incisão até ao limbo esclero-corneano e o valor do astigmatismo induzido pela cirurgia para ambos os tratamentos cirúrgicos.

Tabela 5.3: Valores estatísticos da distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano, de acordo com o astigmatismo induzido pela cirurgia.

Distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano (mm)					
Técnica Cirúrgica	Média	Desvio Padrão	R^2	R	Valor-p
FLACS	0,702	0,289	0,080	0,283	0,01
Facoemulsificação	0,486	0,157	0,014	-0,119	0,75

Face aos valores estatísticos apresentados na tabela acima aduzida, pode afirmar-se que a média da distância em estudo foi superior na técnica de cirurgia de laser de femtosegundo (0,702mm), comparativamente à técnica de manual (0,486mm). Tal facto pode ser uma justificação para a análise anteriormente feita, relativa ao astigmatismo induzido pela cirurgia, uma vez que, nessa análise, o procedimento de FLACS apresentou uma maior quantidade de SIA (média de SIA na FLACS, após 3 meses - 0,55D / média de SIA, na facoemulsificação, após 3 meses - 0,53D), o que não era de esperar. Tal conclusão é, agora, esclarecida através destes resultados, visto que, obteve-se um maior valor da média da distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano na técnica de FLACS, que é conducente a uma maior quantidade de astigmatismo induzido. No entanto, deve-se enfatizar que esta distância em estudo deveria ser menor na técnica de laser de femtosegundo,

5.6. ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA DO LOCAL DA INCISÃO ATÉ AO LIMBO ESCLERO-CORNEANO E O SIA

já que, neste procedimento cirúrgico, a incisão é feita automaticamente, sendo possível programar o local exato do corte.

Para além disso, verificou-se que, na técnica de FLACS, a amostra estudada é estatisticamente significativa, já que $\text{valor-p} < 0,05$. O mesmo não ocorre na técnica de facoemulsificação, uma vez que valor-p é muito superior a 0,05, comprovando que os resultados não são estatisticamente significativos. Tal facto pode ser justificado pelo número reduzido de pacientes estudados pela técnica manual.

A avaliar pelo coeficiente de correlação de *Pearson*, R , conclui-se que, tanto na técnica de FLACS como na facoemulsificação, não há correlação entre os valores da distância da incisão ao limbo e os valores de SIA (R inferior a 0,5). Estes resultados não estão em sintonia com a literatura, uma vez que, seria de esperar que quanto maior fosse a distância entre a incisão e o limbo esclero-corneano, maior seria o astigmatismo induzido, visto que, se a incisão for perto do limbo, mais distante esta será do centro da córnea e, consequentemente, menos danos irá provocar nesta estrutura do globo ocular.

No entanto, estas discrepâncias podem estar relacionadas com erros humanos, uma vez que a medição da distância estudada é efetuada manualmente, sendo muitas vezes complicado de perceber onde é que, efetivamente, foi o local exato da incisão. Para além disso, na técnica de facoemulsificação, a dimensão da amostra não favorece os resultados, já que só foi possível avaliar 8 olhos, o que pode comprometer as conclusões finais.

CONCLUSÃO, MELHORAMENTOS E ESTUDOS FUTUROS

6.1 Conclusões

A facoemulsificação é a técnica mais usada para a extração da catarata. Contudo, a cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo tem vindo a substituir a técnica manual, devido às diversas vantagens que esta apresenta. No entanto, a FLACS tem a grande desvantagem de ser excessivamente dispendiosa e, deste modo, o seu papel no futuro da oftalmologia depende da obtenção de resultados significativamente melhores do que os obtidos na técnica de facoemulsificação. Neste sentido, esta dissertação baseou-se na avaliação da estrutura da córnea após a cirurgia de catarata pelos dois métodos cirúrgicos, com o objetivo de conseguir perceber as diferentes alterações que as técnicas de cirurgia provocam no olho. Assim, poder-se-á determinar se, de facto, a possibilidade de substituir a facoemulsificação tradicional pela técnica de FLACS é plausível.

No seguimento deste objetivo foram avaliados inúmeros parâmetros em diferentes momentos, entre o pré-operatório e após 3 meses da cirurgia, em ambas as técnicas. O primeiro a ser analisado foi a acuidade visual. Através dos dados desta medida foi possível verificar que a técnica de FLACS oferece melhores resultados, uma vez que 65% dos pacientes sujeitos a esta técnica cirúrgica apresentaram o seu estado de aptidão da visão como normal, significando uma boa acuidade visual. Já na técnica de facoemulsificação apenas 46,67% apresentaram o mesmo grau de aptidão da visão. Posteriormente, procedeu-se ao estudo da curvatura da córnea, cujos valores de ambas as técnicas demonstraram uma variação pouco significativa. De seguida, analisou-se o astigmatismo corneano. Neste caso, a técnica de FLACS voltou a exibir melhores resultados, uma vez que houve um aumento superior de astigmatismo corneano na facoemulsificação (+12,4%). Na FLACS este aumento foi de 7%. No entanto, estes resultados não estão de acordo com a literatura,

visto que seria de esperar que o valor de astigmatismo diminuísse após a cirurgia, o que não se verificou em nenhum dos métodos de tratamento. Tal como já se afirmou, estes resultados poderão ter sido causados pelo cálculo incorreto da potência da IOL ou pelo facto de não se ter tido em consideração, nos critérios de escolha da população para o estudo, a densidade das cataratas ou a existência de doenças oculares pré-existentes. Estes fatores influenciam os resultados refrativos dos pacientes. Seguidamente, procedeu-se ao estudo da espessura central da córnea, onde, mais uma vez, a cirurgia de laser de femtosegundo provou obter melhores resultados, comparativamente à técnica manual. Nos pacientes sujeitos à facoemulsificação, a espessura da córnea apresentou maiores variações no seu valor, entre o pré-operatório e 3 meses após a cirurgia. Tal facto sugere que a função do endotélio corneano possa estar debilitada, podendo causar um inchaço na córnea. De facto, o crescimento de um edema corneano conduz a um progresso mais lento da acuidade visual após a implantação da lente intraocular. Esta situação é verificada pelo estudo desenvolvido, uma vez que os pacientes sujeitos à facoemulsificação obtiveram piores resultados de acuidade visual. Ainda relativamente a esta medida, analisou-se a dependência desta com a largura da incisão. Em ambas as técnicas foi possível concluir que estes parâmetros estão relacionados entre si, no sentido em que uma maior largura da incisão provoca uma maior variação da CCT. O seguinte parâmetro a ser analisado foi o astigmatismo induzido pela cirurgia de catarata. Esta foi a única medida cuja técnica de facoemulsificação revelou, numa análise mais superficial, resultados mais favoráveis do que o procedimento de FLACS. No entanto, veio-se depois a confirmar que essa diferença não foi significativa nem conclusiva, já que, tendo em conta o desvio padrão, os valores obtidos nas duas técnicas de tratamento são bastante próximos. Contudo, esperava-se que a técnica FLACS apresentasse um valor de SIA significativamente inferior à técnica de facoemulsificação. Uma justificação para estes resultados relaciona-se com a distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano, já que esta distância foi maior na técnica de FLACS e, por isso, é provável que se tenha induzido uma maior quantidade de astigmatismo. Também para este parâmetro foi estudado o seu comportamento com a largura da incisão, provando haver uma dependência entre estas duas medidas, já que uma maior largura da incisão tende a causar uma maior quantidade de SIA. Este facto é perceptível, uma vez que, maiores tamanhos de incisão provocam maiores alterações na curvatura da córnea, o que é conducente a um aumento de astigmatismo induzido. Por fim, analisou-se a relação entre a distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano e o SIA. Nesta análise, verificou-se não haver qualquer relação entre estes parâmetros, para nenhuma das técnicas, o que não era o esperado. Um aspeto que pode ter influenciado negativamente estes resultados relaciona-se com o facto deste parâmetro ser adquirido manualmente, fazendo com que haja uma maior probabilidade de haver erros de medição.

Através dos resultados provenientes de todas estas análises, é possível concluir que a técnica de cirurgia de catarata assistida por laser de femtosegundo revelou resultados mais benéficos do que a técnica de facoemulsificação, à exceção das análises do astigmatismo

induzido pela cirurgia e na curvatura da córnea, onde os resultados obtidos foram semelhantes. Este tratamento cirúrgico apresentou, de facto, ser mais eficiente, mais seguro e menos agressivo para o paciente. Posto isto, é credível a possibilidade desta técnica vir a substituir totalmente a técnica manual. Para além disso, como forma de otimizar a cirurgia de catarata, é importante ter em consideração o tamanho e o local da incisão. Tal como se provou neste estudo, quanto menor for a largura da incisão, menor serão as alterações provocadas na córnea e, conseqüentemente, melhores serão os resultados refrativos do paciente. Também o local da incisão influencia os resultados da cirurgia de catarata, uma vez que este deve ser o mais próximo possível do limbo esclero-corneano, de modo a minimizar o astigmatismo induzido.

6.2 Melhoramentos

Para melhorar os resultados obtidos neste estudo clínico, a dimensão da amostra deve ser aumentada, com a finalidade de dar consistência às conclusões extraídas no trabalho. Particularmente, deve-se aumentar o número de olhos avaliados na técnica de facoemulsificação, com o propósito de se obter uma comparação mais sólida. De facto, o número de casos clínicos avaliados revelou ser pequeno, nomeadamente na técnica manual, uma vez que, em certas análises ao longo desta dissertação, a pequena dimensão da amostra comprometeu as conclusões finais.

Outro fator que se deve ter em consideração para que o estudo seja o mais coerente e fiável possível relaciona-se com a escolha dos pacientes para cada técnica cirúrgica, sendo que esta deve ser o mais imparcial possível, de modo a não influenciar, à partida, os resultados visuais finais dos pacientes.

Para além disso, outra condicionante deste estudo relaciona-se com o facto de não se ter tido em conta o grau de densidade das cataratas, o que influencia os resultados, pois cataratas mais duras (mais densas) apresentam diferentes características e dificultam a obtenção de certas medidas.

Outra limitação relaciona-se com a possibilidade de haver pacientes com outras doenças oculares, o que também influencia os resultados da cirurgia de catarata.

6.3 Estudos Futuros

É de todo o interesse continuar a estudar a técnica de cirurgia assistida por laser de femtosegundo. Existem diversos parâmetros que devem ser tidos em conta na comparação entre as duas técnicas cirúrgicas. Deste modo, para estudos futuros, é pertinente estudar o tempo efetivo da facoemulsificação, a energia de ultrassons que é aplicada em ambas as técnicas de cirurgia ou até a circularidade da capsulotomia, uma vez que todos estes parâmetros influenciam os resultados da cirurgia de catarata. Na técnica de FLACS todos estes dados podem ser obtidos com recurso à tomografia de coerência ótica, equipamento este que se encontra integrado nas plataformas de laser de femtosegundo, uma vez

que esta capta toda a informação acerca do tempo de tratamento, da capsulotomia, da fragmentação do cristalino e da incisão na córnea.

BIBLIOGRAFIA

- [1] World Health Organization. *Prevention of Blindness Visual Impairment – Priority eye diseases: Cataract*. URL: <http://www.who.int/blindness/causes/priority/en/index1.html>.
- [2] K. E. Donaldson, R. Braga-Mele, F. Cabot, R. Davidson, D. Dhaliwal, R. H. M. Jackson, L. Patterson, K. Stonecipher e S. Yoo. “Femtosecond laser – assisted cataract surgery”. Em: *Journal of Cartaract and Refractive Surgery* 39.11 (2013), 1753–1763. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.09.002>.
- [3] A. S. Correia e J. Murta. *Sobre a Deficiência Visual. A saúde dos olhos - Visão dupla | Diplopia*. 2014. URL: http://www.deficienciavisual.pt/sd-visao_dupla.htm.
- [4] Centro Cirúrgico Coimbra. *Notícias – O que são cataratas?* 2013. URL: <http://www.ccci.pt/o-que-sao-cataratas/>.
- [5] M. Pereira. *Saúde Bem Estar. Catarata*. URL: <http://www.saudebemestar.pt/pt/clinica/oftalmologia/ataratas/>.
- [6] Álvaro Sá. *Cirurgia Refractiva. Cirurgia de Catarata com Laser Femtosegundo*. 2014. URL: <http://www.alvaro-sa.com/2014/10/cirurgia-de-catarata-com-laser.html>.
- [7] My Life Stylelens. *Femtosecond Laser Cataract Surgery (Femto-Phaco)*. URL: <https://www.mylifestylelens.com/femtosecond-laser-cataract-surgery-femto-phaco/>.
- [8] *Optical Biometry Explained*. URL: <https://cataract-community.zeiss.com/optical-biometry-explained>.
- [9] F. R. Nakhli. “Comparison of optical biometry and applanation ultrasound measurements of the axial length of the eye”. Em: *Saudi Journal of Ophthalmology* 28.4 (2014), pp. 287–291. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjopt.2014.04.003>.
- [10] M. Pereira. *Saúde Bem Estar. Cirurgia de catarata - facoemulsificação*. URL: <http://www.saudebemestar.pt/pt/clinica/oftalmologia/cirurgia-catarata/>.
- [11] *What is an: Autorefractor*. URL: <http://www.eyeglassguide.com/my-visit/vision-testing/autorefractor.aspx>.

- [12] *Medical Dictionary - Autorefractor*. URL: <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Autorefractors>.
- [13] *The Pentacam, The Gold Standard in Anterior Segment Tomography. The measurement principle*. URL: <http://www.pentacam.com/sites/messprinzip.php>.
- [14] M. Pereira. *Saúde Bem Estar. Pentacam*. URL: <http://www.saudebemestar.pt/pt/clinica/oftalmologia/pentacam/>.
- [15] M. Doors, T. Berendschot, J. Brabander, C. Webers e R. Nuijts. "Value of optical coherence tomography for anterior segment surgery". Em: *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 36.7 (2010), 1213–1229. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.05.002>.
- [16] L. Segre. *All About Vision. Human Eye Anatomy: Parts of the Eye*. 2014. URL: <http://www.allaboutvision.com/resources/anatomy.htm>.
- [17] AFB – American Foundation for the Blind. *The Human Eye, Its Functions, and Visual Impairment*. URL: <http://www.afb.org/info/the-human-eye-its-functions-and-visual-impairment/5>.
- [18] *Projeto Homem Virtual. Série Juventude – Infográfico Visão*. URL: <http://projetohomemvirtual.org.br/seriejuventude/Visao.pdf>.
- [19] *My VMC Virtual Medical Centre - The Eye and Vision*. 2010. URL: <http://www.myvmc.com/anatomy/the-eye-and-vision/>.
- [20] C. E. Willoughby, D. Ponzin, S. Ferrari, A. Lobo, K. Landau e Y. Omid. "Anatomy and physiology of the human eye: effects of mucopolysaccharidoses disease on structure and function - a review". Em: *Clinical and Experimental Ophthalmology* 38 (2010), pp. 2–11. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2010.02363.x.
- [21] A. Mescher. *Junqueira's Basic Histology - Text and Atlas*. 13^a ed. 2013, pp. 479–497. ISBN: 978-0-07-178033-9.
- [22] G. Tortora e S. Grabowski. *Introduction to the Human Body - The Essentials of Anatomy and Physiology*. 5^a ed. 2001, pp. 282–286. ISBN: 978-0-471-08340-5.
- [23] H. M. Team. *BodyMaps Retina*. 2015. URL: <http://www.healthline.com/human-body-maps/retina>.
- [24] J. H. Levenson e A. Kozarsky. *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*. Third Edition. 1990. Cap. 115, pp. 563–564.
- [25] D. D. Delmonte e T. Kim. "Anatomy and physiology of the cornea". Em: *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 37 (2011), 588–598. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.12.037.
- [26] S.-S. Yan e W. Wang. "The effect of lens aging and cataract surgery on circadian rhythm". Em: *International Journal of Ophthalmology* 9.7 (2016), 1066–1074. DOI: 10.18240/ijo.2016.07.21.

- [27] G. K. Lang. *Ophthalmology: A Pocket Textbook Atlas*. 2^a ed. 2006, pp. 115–117, 433, 440–444. ISBN: ISBN: 978-3-13-126162-5.
- [28] M. Boulton e P. Dayhaw-Barker. “The role of the retinal pigment epithelium: Topographical variation and ageing changes”. Em: *The Royal College of Ophthalmologists* 15 (2001), 384–389. DOI: doi:10.1038/eye.2001.141.
- [29] *Macular Degeneration*. URL: <http://www.closerlookatstemcells.org/stem-cells-and-medicine/macular-degeneration>.
- [30] H. M. Team. *BodyMaps Optic nerve*. 2015. URL: <http://www.healthline.com/human-body-maps/optic-nerve>.
- [31] MedicineNet. *Definition of Optic nerve*. 2013. URL: <http://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=4653>.
- [32] K. L. Moreau e J. A. King. “Protein Misfolding and Aggregation in Cataract Disease and Prospects for Prevention”. Em: *National Institute of Health* 18.5 (2012), 273–282. DOI: 10.1016/j.molmed.2012.03.005.
- [33] M.-A. Javadi e S. Zarei-Ghanavati. “Cataracts in Diabetic Patients: A Review Article”. Em: *Journal of Ophthalmic and Vision Research* 3.1 (2008), pp. 52–65.
- [34] S. E. Centre. *Cataract*. URL: <http://www.specialisteyecentre.com.au/patient-information/eye-conditions-surgery/cataract/>.
- [35] E. A. Boettner e J. R. Wolter. “Transmission of the ocular media”. Em: *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 1.6 (), pp. 776–783.
- [36] G. Bailey. *All About Vision. Cataracts*. 2015. URL: <http://www.allaboutvision.com/conditions/cataracts.htm>.
- [37] M. M. Pereira. *Glaucoma*. URL: <http://www.saudebemestar.pt/pt/clinica/oftalmologia/glaucoma/>.
- [38] A. A. Dahl. *Cataracts (cont.)* 2015. URL: <http://www.medicinenet.com/cataracts/page2.htm>.
- [39] L. Bellan. “The Evolution of Cataract Surgery: The Most Common Eye Procedure in Older Adults”. Em: *Geriatrics and Aging* 11.6 (2008), pp. 328–332.
- [40] N. Mamalis. “Femtosecond laser: The future of cataract surgery?” Em: *Journal of Cartaract and Refractive Surgery* 37.7 (2011), 1177–1178. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.05.017>.
- [41] K. Boyd. *What Is Astigmatism?* 2015. URL: <http://www.aao.org/eye-health/diseases/what-is-astigmatism>.
- [42] A. O. Adio e N. Aruoto. “Induced astigmatism after cataract surgery - a retrospective analysis of cases from the University of Port Harcourt Teaching Hospital, Nigeria”. Em: *African Vision and Eye Health* 70.2 (2011), pp. 75–80. DOI: 10.4102/aveh.v70i2.96.

- [43] B. F. Valbon, R. A. Jr., L. Gualdi, A. Luz e M. R. Alves. "Biomecânica da córnea após laser de femtosegundo na cirurgia de catarata". Em: 74.5 (2015), pp. 297–302. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0034-7280.20150061>.
- [44] S. M. Daya, M. A. Nanavaty e M. M. Espinosa-Lagana. "Translenticular hydrodissection, lens fragmentation, and influence on ultrasound power in femtosecond laser-assisted cataract surgery and refractive lens exchange". Em: *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 40.1 (2014), 37–43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.07.040>.
- [45] A. Denoyer, X. Ricaud, C. V. Went, A. Labbe e C. Baudouin. "Influence of corneal biomechanical properties on surgically induced astigmatism in cataract surgery". Em: *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 39.8 (2013), pp. 1204–1210. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.02.052.
- [46] N. M. Kerr, R. G. Abell, B. J. Vote e T. Y. Toh. "Intraocular pressure during femtosecond laser pretreatment of cataract". Em: *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 39.3 (2013), 339–342. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.12.008>.
- [47] Z. Z. Nagy, A. I. Takacs, T. Filkorn, K. Kránitz, A. Gyenes, Éva Juhász, G. L. Sándor, I. Kovacs, T. Juhász e S. Slade. "Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery". Em: *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 40.1 (2014), 20–28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.08.046>.
- [48] I. Conrad-Hengerer, M. A. Sheikh, F. H. Hengerer, T. Schult e H. B. Dick. "Comparison of visual recovery and refractive stability between femtosecond laser-assisted cataract surgery and standard phacoemulsification: Six-month follow-up". Em: *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 41.7 (2015), pp. 1356–1364. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.044>.
- [49] *Phacoemulsification System*. URL: <http://www.abbottmedicaloptics.com/products/cataract/phacoemulsification-systems/whitestar-signature-phacoemulsification-system>.
- [50] K. Romito e C. L. Karp. *Cataracts Health Center: Cataract Surgery*. 2014. URL: <http://www.webmd.com/eye-health/cataracts/extracapsular-surgery-for-cataracts>.
- [51] M. Colvard. *Achieving Excellence in Cataract Surgery A Step-by-Step Approach*. 2009. Cap. 5 - Phaco Techniques, pp. 33–52.
- [52] *Cataracts – Phacoemulsification*. URL: <https://www.willseye.org/video/cataracts-phacoemulsification>.
- [53] *Subject: Cavitation 1-3*. URL: <http://www.mcnallyinstitute.com/01-html/1-3.html>.
- [54] T. S. Swartz. *Effectively comanaging femtosecond lase-assisted cataract surgery. Understand the procedure first*. 2014. URL: <http://optometrytimes.modernmedicine.com>.

- [55] *About Laser Cataract*. URL: <http://occeyecare.ca/laser-cataract/about/>.
- [56] P. K. Mukherjee. *Clinical Examination in Ophthalmology*. Third Edition. 2007. Cap. 9, pp. 100–116. ISBN: 978-81-312-0335-4.
- [57] *Optical Biometry*. URL: http://www.doctor-hill.com/physicians/optical_biometry.htm.
- [58] W. W. Lee. *Ultrasound Vs. Optical Biometry*. 2011. URL: <http://www.opthalmologyweb.com/Tech-Spotlights/26583-Ultrasound-Vs-Optical-Biometry/>.
- [59] E. L. Monteiro e N. Allemann. “Biometria óptica”. Em: *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia* 64.4 (2001), pp. 367–370. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27492001000400018>.
- [60] J. H. Emerson e K. Tompkins. *IOLMaster - A Practical Operation Guide*. URL: http://www.doctor-hill.com/physicians/docs/IOLMaster_Practical_Operation_Guide.pdf.
- [61] X. Yuan, H. Song, G. Peng, X. Hua e X. Tang. “Clinical Study Prevalence of Corneal Astigmatism in Patients before Cataract Surgery in Northern China”. Em: *Journal of Ophthalmology* (2014). DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/536412>.
- [62] *Astigmatismo nos olhos*. 2016. URL: <http://www.fisioterapiaparatodos.com/p/doencas-dos-olhos/astigmatismo-nos-olhos/>.
- [63] M. Dalton. “IOLs - Determining your surgically induced astigmatism”. Em: *EyeWorld News Magazine* (2012).
- [64] K. Naeser. “Assessment and Statistics of Surgically Induced Astigmatism”. Em: *Acta Ophthalmologica* 86 (2008). DOI: 10.1111/j.1755-3768.2008.01234.x..
- [65] *Medical Dictionary - autorefraction*. URL: <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/autorefraction>.
- [66] D. Ramos. *The Auto Refractor: What you need to know*. 2015. URL: <http://www.coburntechnologies.com/2015/10/06/the-auto-refractor-what-you-need-to-know/>.
- [67] J. Berry. *Minds Eye*. 2015. URL: <http://mindseyejennifer.blogspot.pt>.
- [68] D. G. Horner. *Oculomotor Functions & Neurology*. 2004. Cap. 18 - Instrumentation: Stimulation and Measurement of accommodation.
- [69] M. Yanoff e J. S. Duker. *Ophthalmology*. Third Edition. 2009. Cap. 2, pp. 77, 78, 87, 88.
- [70] S. Resnikoff, D. Pascolini, D. Etyaale, I. Kocur, R. Pararajasegaram, G. P. Pokharel e S. P. Mariotti. “Global data on visual impairment in the year 2002”. Em: *Bull World Health Organ* 82.11 (2004), pp. 844–51.
- [71] L. Zuo, H. Zou, X. Fei, W. Xu e J. Zhang. “The Impact of Unilateral or Bilateral Cataract Surgery on Visual Acuity and Life Quality of Elderly Patients”. Em: *Journal of Ophthalmology* 2015 (2014). DOI: 10.1155/2015/509049.

- [72] A. Messias, R. Jorge e A. A. V. Cruz. "Tabelas para medir acuidade visual com escala logarítmica: porque usar e como construir". Em: *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia* 73.1 (2010), pp. 96–100.
- [73] A. Colenbrander. "Visual standards : aspects and ranges of vision loss with emphasis on population surveys". Em: (2002).
- [74] R. Jain. "Pentacam: Principle and Clinical Applications". Em: *Journal of Current Glaucoma Practice* 3.2 (2009), pp. 20–32.
- [75] P. Rosales e S. Marcos. "Pentacam Scheimpflug Quantitative Imaging of the Crystalline Lens and Intraocular Lens". Em: *Journal of refractive surgery* 25.5 (2009), pp. 421–428. DOI: 10.3928/1081597X-20090422-04.
- [76] K. P. Mashige. "A review of corneal diameter, curvature and thickness values and influencing factors". Em: *African Vision and Eye Health* 72.4 (2013), pp. 185–194. DOI: 10.4102/aveh.v72i4.58.
- [77] M. L. Gabriele, G. Wollstein, H. Ishikawa, L. Kagemann, J. Xu, L. S. Folio e J. S. Schuman. "Optical Coherence Tomography: History, Current Status, and Laboratory Work". Em: *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 52.5 (2011), pp. 2425–2436. DOI: 10.1167/iovs.10-6312.
- [78] J. G. Fujimoto, C. Pitris, S. A. Boppart e M. E. Brezinski. "Optical Coherence Tomography: An Emerging Technology for Biomedical Imaging and Optical Biopsy". Em: *Neoplasia* 2.1-2 (2000), pp. 9–25. DOI: 10.1038/sj.neo.7900071.
- [79] S. S. Haldipurkar, H. T. Shikari e V. Gokhale. "Wound construction in manual small incision cataract surgery". Em: *Indian Journal of Ophthalmology* 57.1 (2009), pp. 9–13. DOI: 10.4103/0301-4738.44491.



CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA ESTUDADA PELA TÉCNICA DE FLACS

Tabela A.1: Medidas gerais obtidas dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS.

Nº olho	Olho	Idade	Técnica de FLACS		
			Largura da incisão (mm)	Pressão intraocular (mmHg)	Poder refrativo da IOL (Dioptrias)
1	OD	56	2,6	12,0	27,0
2	OD	70	2,7	13,0	17,0
3	OE	56	2,6	12,0	27,0
4	OD	56	2,5	18,0	23,5
5	OE	56	2,6	21,0	24,0
6	OD	68	2,7	9,0	19,5
7	OD	68	2,5	19,0	24,5
8	OE	70	2,5	8,5	18,0
9	OD	67	2,5	12,0	15,5
10	OD	72	2,6	17,5	22,0
11	OE	67	2,7	17,0	26,0
12	OE	72	2,7	12,0	22,0
13	OD	67	2,6	17,0	26,5
14	OE	67	2,7	12,0	15,5
15	OE	70	2,5	21,6	19,5
16	OE	73	2,7	27,3	20,0
17	OD	74	2,5	16,0	24,0
18	OD	68	2,7	17,0	14,0
19	OD	81	2,6	17,0	21,5
20	OE	82	2,6	12,0	24,5
21	OE	61	2,5	17,0	26,0
22	OD	66	2,5	16,0	21,5
23	OE	71	2,5	27,3	21,0
24	OD	61	2,6	16,0	27,0
25	OD	82	2,5	9,0	25,0
26	OD	71	2,6	22,0	21,5
27	OD	68	2,5	18,0	23,5
28	OD	66	2,5	19,0	23,0
29	OE	66	2,6	17,0	22,5
30	OD	81	2,7	22,3	25,0
31	OD	70	2,5	23,0	20,5
32	OE	67	2,5	12,0	18,5
33	OD	59	2,6	13,0	19,5
34	OD	65	2,7	12,0	19,5
35	OE	59	2,7	16,0	21,0
36	OD	52	2,6	13,0	19,0
37	OE	52	2,6	15,0	20,0
38	OD	72	2,6	16,0	22,0
39	OE	65	2,7	16,0	19,5
40	OE	71	2,6	10,0	16,0

Tabela A.2: Valores da acuidade visual dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS ao longo do estudo.

Acuidade Visual (Escala <i>LogMAR</i>)				
Nº olho	Pré-operatório	Pós-operatório imediato	1 mês após a cirurgia	3 meses após a cirurgia
1	0,22	0,00	0,00	0,00
2	0,40	0,15	0,10	0,10
3	0,10	0,10	0,00	0,00
4	0,22	0,15	0,10	0,10
5	0,40	0,22	0,10	0,05
6	0,50	0,10	0,10	0,10
7	0,22	0,22	0,30	0,10
8	0,30	0,40	0,40	0,10
9	0,40	0,15	0,30	0,30
10	0,50	0,05	0,10	0,10
11	0,92	0,15	0,22	0,22
12	0,15	0,10	0,10	0,10
13	0,22	0,22	0,10	0,10
14	0,22	0,40	0,22	0,22
15	0,22	0,00	0,00	0,00
16	0,30	0,15	0,22	0,22
17	0,22	0,15	0,10	0,10
18	1,00	0,22	0,10	0,00
19	0,50	0,10	0,00	0,00
20	0,22	0,30	0,30	0,30
21	0,10	0,05	0,10	0,00
22	0,40	0,40	0,22	0,22
23	0,50	0,22	0,22	0,00
24	0,22	0,10	0,10	0,00
25	0,22	0,22	0,22	0,22
26	0,50	0,10	0,10	0,30
27	0,22	0,00	0,10	0,05
28	0,15	0,15	0,22	0,22
29	0,10	0,00	0,10	0,00
30	0,22	0,15	0,10	0,22
31	0,22	0,15	0,10	0,00
32	0,30	0,15	0,22	0,22
33	0,22	0,15	0,10	0,10
34	0,10	0,05	0,10	0,10
35	0,30	0,00	0,22	0,22
36	0,30	0,40	0,22	0,10
37	0,22	0,15	0,15	0,10
38	0,30	0,10	0,15	0,15
39	0,30	0,00	0,00	0,00
40	0,22	0,15	0,22	0,22

Tabela A.3: Valores da curvatura da córnea dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS ao longo do estudo.

Nº olho	Curvatura da córnea (mm)			
	Pré-operatório	Pós-operatório imediato	1 mês após a cirurgia	3 meses após a cirurgia
1	8,12	8,17	8,16	8,14
2	7,56	7,63	7,62	7,61
3	8,08	8,12	8,12	8,11
4	7,37	7,40	7,39	7,38
5	7,34	7,38	7,37	7,37
6	7,62	7,69	7,68	7,66
7	7,63	7,64	7,61	7,59
8	7,55	7,64	7,63	7,63
9	7,14	7,17	7,16	7,15
10	7,64	7,68	7,65	7,66
11	7,29	7,42	7,39	7,37
12	7,59	7,67	7,66	7,65
13	7,42	7,39	7,42	7,44
14	7,24	7,30	7,29	7,28
15	8,20	8,20	8,15	8,11
16	7,81	7,92	7,89	7,88
17	7,71	7,76	7,64	7,72
18	8,50	8,53	8,55	8,57
19	7,29	7,36	7,35	7,32
20	7,36	7,41	7,39	7,38
21	7,92	7,94	7,91	7,88
22	7,99	7,97	7,94	7,92
23	7,63	7,62	7,61	7,61
24	7,93	7,91	7,89	7,87
25	7,42	7,45	7,44	7,42
26	7,69	7,76	7,73	7,72
27	7,68	7,80	7,73	7,69
28	7,40	7,35	7,38	7,42
29	7,38	7,42	7,37	7,34
30	7,48	7,61	7,60	7,58
31	7,39	7,32	7,39	7,47
32	8,34	8,40	8,37	8,34
33	7,62	7,52	7,59	7,62
34	7,59	7,65	7,65	7,64
35	7,61	7,66	7,56	7,53
36	7,64	7,64	7,62	7,6
37	7,64	7,66	7,63	7,62
38	7,66	7,68	7,67	7,66
39	7,64	7,66	7,66	7,67
40	7,92	7,94	7,94	7,93

Tabela A.4: Valores do astigmatismo corneano dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS ao longo do estudo.

Nº olho	Astigmatismo corneano (dioptrias)			
	Pré-operatório	Pós-operatório imediato	1 mês após a cirurgia	3 meses após a cirurgia
1	0,56	0,75	0,75	0,5
2	1,41	0,25	0,00	0,75
3	1,14	1,50	1,25	1,25
4	0,68	1,00	0,50	1,00
5	0,87	1,50	1,25	1,00
6	0,52	0,50	0,52	0,52
7	0,75	0,50	0,50	0,50
8	0,29	1,25	1,13	0,50
9	1,98	2,75	2,50	1,85
10	1,27	1,00	1,00	1,25
11	1,46	1,00	1,25	1,00
12	0,35	1,00	0,75	0,75
13	0,25	0,75	0,50	0,25
14	2,19	2,50	2,55	2,55
15	0,70	0,25	0,30	0,46
16	1,55	1,25	1,90	2,25
17	0,29	0,50	1,00	0,86
18	0,79	1,25	1,00	0,46
19	0,70	1,25	1,50	0,75
20	2,06	1,75	2,00	1,99
21	0,27	0,00	0,25	0,38
22	2,01	1,25	1,50	1,93
23	0,29	0,50	1,25	0,30
24	0,43	1,00	1,25	1,64
25	1,04	1,25	1,00	1,17
26	0,86	1,00	0,25	0,56
27	0,92	0,75	0,50	0,46
28	0,37	0,25	0,25	0,49
29	0,18	1,00	0,75	0,44
30	0,73	2,25	0,50	0,75
31	0,56	1,75	0,25	0,00
32	0,00	1,25	0,25	0,63
33	0,93	0,75	1,00	1,11
34	0,35	0,75	0,50	0,50
35	0,52	0,50	1,10	1,13
36	0,70	0,75	0,75	0,70
37	1,04	0,25	0,75	0,99
38	0,41	0,75	0,85	0,88
39	0,64	0,75	0,50	0,50
40	1,69	1,25	1,25	1,11

Tabela A.5: Valores da espessura central da córnea dos pacientes sujeitos à técnica FLACS ao longo do estudo.

Nº olho	Espessura central da córnea (μm)	
	Pré-operatório	3 meses após a cirurgia
1	525	515
2	495	477
3	514	515
4	537	536
5	541	538
6	509	503
7	555	552
8	490	490
9	549	549
10	599	600
11	538	536
12	607	591
13	534	533
14	553	544
15	536	535
16	475	499
17	539	535
18	428	427
19	495	501
20	537	537
21	525	523
22	539	534
23	606	604
24	541	533
25	535	534
26	611	609
27	517	516
28	542	540
29	544	540
30	552	572
31	543	549
32	493	492
33	541	538
34	519	517
35	537	530
36	518	515
37	537	535
38	588	586
39	516	506
40	472	470

Tabela A.6: Valores do astigmatismo induzido pela cirurgia dos pacientes sujeitos à técnica FLACS ao longo do estudo.

Nº olho	Astigmatismo induzido pela cirurgia (dioptrias)		
	Pós-operatório imediato	1 mês após a cirurgia	3 meses após a cirurgia
1	0,40	0,23	0,10
2	1,29	1,01	0,66
3	0,69	0,31	0,14
4	0,51	0,26	0,36
5	0,63	0,42	0,50
6	0,54	0,48	0,39
7	1,15	1,10	1,06
8	1,14	0,63	0,21
9	0,77	0,43	0,13
10	0,27	0,27	0,22
11	0,57	0,43	0,71
12	0,77	0,71	0,59
13	0,50	0,32	0,02
14	1,33	1,02	0,40
15	0,70	0,73	0,71
16	0,30	0,21	0,70
17	0,21	0,76	0,57
18	1,12	0,55	0,50
19	1,63	1,95	1,31
20	0,45	1,16	0,16
21	0,27	0,19	0,50
22	0,76	0,63	0,89
23	0,79	1,53	0,28
24	0,74	0,91	1,34
25	0,29	0,04	0,13
26	1,30	1,03	1,28
27	1,57	1,38	0,88
28	0,14	0,15	0,29
29	1,16	0,60	0,60
30	2,87	1,23	1,48
31	1,20	0,48	0,56
32	1,25	0,25	0,63
33	0,75	0,31	0,25
34	0,44	0,17	0,26
35	0,38	0,40	0,76
36	0,28	0,20	0,19
37	0,79	0,79	0,83
38	0,61	0,70	0,82
39	0,11	0,16	0,16
40	0,53	0,55	0,58

Tabela A.7: Valores da distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano dos pacientes sujeitos à técnica de FLACS

Distância local da incisão - limbo esclero-corneano(μm)	
Nº olho	Valor
1	365
2	-
3	641
4	800
5	520
6	387
7	-
8	-
9	1184
10	-
11	637
12	-
13	854
14	1241
15	872
16	590
17	799
18	559
19	306
20	509
21	314
22	1482
23	-
24	1025
25	510
26	1040
27	675
28	1112
29	617
30	859
31	-
32	480
33	577
34	466
35	630
36	-
37	-
38	522
39	478
40	-

CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA ESTUDADA PELA TÉCNICA DE FACOEMULSIFICAÇÃO

Tabela B.1: Medidas gerais obtidas dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação.

Nº olho	Olho	Idade	Técnica de facoemulsificação		
			Largura da incisão (mm)	Pressão intraocular (mmHg)	Poder refrativo da IOL (Dioptrias)
1	OD	73	2,6	14,0	18,5
2	OD	76	2,6	20,3	25,0
3	OE	73	2,7	13,0	18,5
4	OE	76	2,6	19,0	24,5
5	OE	82	2,6	10,0	23,0
6	OD	82	2,7	9,0	22,5
7	OE	60	2,7	15,0	29,0
8	OE	64	2,7	18,0	23,5
9	OE	73	2,5	20,0	14,0
10	OE	64	2,5	14,0	23,0
11	OD	73	2,7	15,5	10,0
12	OD	64	2,7	15,0	24,5
13	OD	59	2,6	14,0	15,0
14	OE	78	2,7	12,0	22,0
15	OD	80	2,6	12,0	22,5

APÊNDICE B. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA ESTUDADA PELA TÉCNICA DE FACOEMULSIFICAÇÃO

Tabela B.2: Valores da acuidade visual dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.

Nº olho	Acuidade Visual (Escala <i>LogMAR</i>)			
	Pré-operatório	Pós-operatório imediato	1 mês após a cirurgia	3 meses após a cirurgia
1	0,40	0,30	0,30	0,30
2	0,22	0,05	0,00	0,00
3	0,40	0,22	0,22	0,22
4	0,30	0,00	0,00	0,00
5	0,22	0,22	0,40	0,22
6	0,10	0,40	0,22	0,22
7	0,22	0,30	0,40	0,10
8	0,22	0,15	0,15	0,00
9	0,40	0,22	0,22	0,22
10	0,30	0,15	0,15	0,15
11	0,40	0,30	0,40	0,40
12	0,22	0,15	0,15	0,00
13	1,00	0,70	0,40	0,30
14	0,30	0,05	0,00	0,00
15	0,30	0,00	0,00	0,00

Tabela B.3: Valores da curvatura da córnea dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.

Nº olho	Curvatura da córnea (mm)			
	Pré-operatório	Pós-operatório imediato	1 mês após a cirurgia	3 meses após a cirurgia
1	8,74	8,93	8,92	8,90
2	7,32	7,34	7,27	7,25
3	8,81	8,90	8,90	8,89
4	7,28	7,33	7,32	7,30
5	7,33	7,43	7,39	7,35
6	7,30	7,37	7,37	7,36
7	7,49	7,52	7,59	7,60
8	8,04	8,10	8,06	8,03
9	7,64	7,80	7,75	7,66
10	7,91	7,91	7,89	7,85
11	7,26	7,14	7,21	7,28
12	8,04	8,05	8,02	8,00
13	8,91	8,98	8,97	8,95
14	7,66	7,73	7,71	7,70
15	8,07	8,11	8,10	8,09

Tabela B.4: Valores do astigmatismo corneano dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.

Nº olho	Astigmatismo corneano (dioptrias)			
	Pré-operatório	Pós-operatório imediato	1 mês após a cirurgia	3 meses após a cirurgia
1	0,78	1,00	0,75	1,02
2	0,76	0,50	0,65	0,71
3	1,12	1,50	1,75	1,49
4	0,83	0,50	0,87	0,95
5	0,37	1,00	0,25	0,63
6	0,57	0,50	0,25	1,00
7	1,08	1,75	0,75	0,00
8	0,68	0,75	0,80	0,89
9	1,44	0,50	1,00	1,67
10	0,43	0,50	0,60	0,60
11	2,95	3,25	3,50	3,26
12	1,10	1,00	1,12	1,37
13	0,58	0,25	0,75	1,16
14	0,46	0,25	0,20	0,17
15	1,22	1,25	1,25	1,23

Tabela B.5: Valores da espessura central da córnea dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.

Nº olho	Espessura central da córnea (μm)	
	Pré-operatório	3 meses após a cirurgia
1	446	440
2	553	548
3	448	438
4	552	548
5	460	454
6	481	469
7	565	551
8	533	522
9	527	520
10	564	560
11	490	481
12	557	549
13	539	535
14	499	490
15	540	537

APÊNDICE B. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA ESTUDADA PELA TÉCNICA DE FACOEMULSIFICAÇÃO

Tabela B.6: Valores do astigmatismo induzido pela cirurgia dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação ao longo do estudo.

Nº olho	Astigmatismo induzido pela cirurgia (dioptrias)		
	Pós-operatório imediato	1 mês após a cirurgia	3 meses após a cirurgia
1	0,40	0,11	0,24
2	1,20	0,67	0,36
3	0,49	0,52	0,49
4	0,67	0,34	0,17
5	0,72	0,21	0,66
6	0,37	3,38	0,53
7	0,73	0,93	0,58
8	0,72	0,30	1,30
9	0,25	0,30	0,27
10	0,95	0,44	0,24
11	2,18	1,29	1,58
12	0,42	0,45	0,55
13	0,55	0,63	0,60
14	0,18	3,52	0,44
15	0,17	0,09	0,01

Tabela B.7: Valores da distância do local da incisão até ao limbo esclero-corneano dos pacientes sujeitos à técnica de facoemulsificação

Distância local da incisão - limbo esclero-corneano(μm)	
Nº olho	Valor
1	-
2	611
3	377
4	440
5	457
6	372
7	-
8	779
9	252
10	-
11	-
12	600
13	-
14	-
15	-



DIFERENTES ESCALAS DA ACUIDADE VISUAL

Tabela C.1: Diferentes notações dos valores de acuidade visual - escalas decimal, fração de *Snellen*, *MAR* e *LogMAR*

Decimal	Fração de <i>Snellen</i> (6m)	<i>MAR</i>	<i>LogMAR</i>
0,010	6/600	100	2,0
0,012	6/480	80	1,92
0,016	6/380	63	1,8
0,020	6/300	50	1,7
0,025	6/240	40	1,6
0,03	6/190	32	1,52
0,04	6/150	25	1,4
0,05	6/126	20	1,3
0,06	6/95	16	1,22
0,08	6/75	12,5	1,1
0,10	6/60	10,0	1,0
0,12	6/48	8,0	0,92
0,16	6/38	6,3	0,8
0,20	6/30	5,0	0,7
0,25	6/24	4,0	0,6
0,32	6/19	3,2	0,5
0,40	6/15	2,5	0,4
0,50	6/12	2,0	0,3
0,63	6/9,5	1,6	0,22
0,80	6/7,5	1,25	0,1
1,00	6/6	1,00	0,0
1,25	6/4,8	0,80	-0,1
1,63	6/3,8	0,63	-0,2
2,00	6/3	0,50	-0,3
2,50	6/2,4	0,40	-0,4



